Leitfaden
Sichere Maschinen

safety PLUS®

In sechs Schritten zur sicheren Maschine

SICK
Sensor Intelligence.

In sechs Schritten zur sicheren Maschine

§ **Gesetze, Richtlinien, Normen** → §-1
- Europäische Richtlinien → §-1
- Pflichten des Maschinenherstellers → §-2
- Normen → §-5
- Verschiedene Normentypen → §-6
- Prüfstellen, Versicherungen & Behörden → §-8

1 **Risikobeurteilung** → 1-1
- Der Prozess der Risikobeurteilung → 1-1
- Funktionen der Maschine → 1-2
- Identifizieren von Gefährdungen → 1-3
- Risikoeinschätzung & Risikobewertung → 1-3
- Dokumentation → 1-3
- Risikobeurteilung mit Safexpert → 1-4

Risikominderung – Die 3-Stufen-Methode → 2-1

2 **Sicheres Gestalten** → 2-1
- Mechanische Konstruktion → 2-3
- Bedien- und Instandhaltungskonzept → 2-4
- Elektrische Ausrüstung → 2-4
- Stillsetzen → 2-8
- Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) → 2-9
- Fluidtechnik → 2-10
- Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen → 2-11

3 **Technische Schutzmaßnahmen** → 3-1
- a Festlegen der Sicherheitsfunktionen → 3-2
- b Bestimmen des erforderlichen Sicherheitsniveaus → 3-7

Umsetzen der Sicherheitsfunktionen

- c Entwerfen der Sicherheitsfunktion
  - Erstellen des Sicherheitskonzepts → 3-11
  - Auswählen der Schutzeinrichtungen → 3-16
  - Positionieren/dimensionieren der Schutzeinrichtungen → 3-29
  - Integrieren der Schutzeinrichtungen in die Steuerung → 3-40
  - Produktauswahl → 3-47
- d Verifizieren der Sicherheitsfunktion → 3-49
- e Validieren aller Sicherheitsfunktionen → 3-65

4 **Benutzerinformation über Restrisiken** → 4-1

5 **Gesamtvalidierung der Maschine** → 5-1

6 **Inverkehrbringen der Maschine** → 6-1

V **Verantwortung des Betreibers** → V-1

Anhang
- Wie SICK Sie unterstützt → i-1
- Übersicht relevanter Normen → i-5
- Nützliche Links → i-8
- Glossar → i-10
- Raum für eigene Notizen → i-13

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

8008007/2008-04-14

Sichere Maschinen schaffen Rechtssicherheit für den Hersteller und Betreiber. Maschinenbenutzer erwarten, dass nur sichere Maschinen oder Geräte angeboten werden. Diese Erwartung besteht weltweit. Ebenso gibt es weltweit Regelungen zum Schutz der Anwender von Maschinen. Diese Regelungen sind regional unterschiedlich ausgeprägt. Es besteht jedoch eine breite Übereinkunft über das auf der gegenüberliegenden Seite gezeigte Verfahren beim Bau und bei der Nachrüstung von Maschinen:

- Beim Bau von Maschinen muss der Maschinenhersteller durch eine Risikobeurteilung (früher auch Gefahrenanalyse genannt) alle möglichen Gefährdungen und Gefahrstellen erkennen und bewerten.
- Entsprechend dieser Risikobeurteilung soll der Maschinenhersteller das **Risiko** durch geeignete Maßnahmen beseitigen oder **mindern**. Wenn das Risiko durch konstruktive Maßnahmen nicht beseitigt werden kann oder das verbleibende Risiko nicht tolerierbar ist, muss der Maschinenhersteller geeignete Schutzeinrichtungen auswählen und anwenden und gegebenenfalls über Restrisiken informieren.
- Um sicherzustellen, dass die vorgesehenen Maßnahmen richtig wirken, ist eine **Gesamtvalidierung** erforderlich. Diese Gesamtvalidierung muss sowohl die konstruktiven und technischen als auch die organisatorischen Maßnahmen im Zusammenhang bewerten.

Wir führen Sie in sechs Schritten zur sicheren Maschine. Auf der linken Seite finden Sie die Vorgehensweise.

Über diesen Leitfaden

Was?

Vor Ihnen liegt ein umfangreicher Leitfaden zu den gesetzlichen Grundlagen für Maschinen und über die Auswahl und Anwendung von Schutzeinrichtungen. Unter Berücksichtigung der geltenden europäischen Richtlinien, Vorschriften und Normen stellen wir Ihnen verschiedene Möglichkeiten vor, wie Sie Maschinen absichern und Personen vor Unfällen schützen. Die angeführten Beispiele und Aussagen sind das Ergebnis unserer langjährigen praktischen Erfahrung und sind als typische Anwendungen anzusehen.

Dieser Leitfaden beschreibt die gesetzlichen Vorgaben für Maschinen in der Europäischen Gemeinschaft und deren Umsetzung. Die gesetzlichen Vorgaben für Maschinen in anderen Regionen (z.B. Nordamerika, Asien) sind in eigenen Versionen dieses Leitfadens beschrieben.

Aus den folgenden Ausführungen lassen sich keinerlei Ansprüche, gleich aus welchem Rechtsgrund, ableiten, da vor dem Hintergrund nationaler und internationaler Vorschriften und Normen jede Maschine eine spezifische Lösung erfordert.

Dieser Leitfaden bezieht sich auf den bei Redaktionsschluss neuen, erst zukünftig anwendbaren Stand der Maschinenrichtlinie (2006/42/EG). Wir verweisen grundsätzlich auf die zum Zeitpunkt der Edition aktuellen und veröffentlichten Normen. Falls bei neuen Normen für eine Übergangszeit auch die Anwendung der Vorgängernorm möglich ist, so haben wir dies in den entsprechenden Kapiteln dieses Leitfadens vermerkt.

→ Verweise auf weiterführende Normen und Hilfen haben wir im Folgenden durch einen blauen Pfeil kenntlich gemacht.

Für wen?

Dieser Leitfaden richtet sich an Hersteller, Betreiber, Konstrukteure, Anlagenbauer sowie an alle, die für die Maschinensicherheit verantwortlich sind. (Aus Gründen der Lesbarkeit verwenden wir im Folgenden zumeist die männlichen Bezeichnungen.)

Ihr Redaktionsteam

Von links nach rechts: Otto Görnemann, Hans Simonyi, Rolf Schumacher, Doris Lilienthal, Jürgen Bukowski, Gerhard Dieterle, Carsten Gregorius

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Sicherheit von Menschen für Menschen

Die Anforderungen an die Absicherung von Maschinen haben sich mit fortschreitender Automatisierungstechnik mehr und mehr verändert. Früher wirkten Absicherungen im Arbeitsprozess eher störend, daher wurde oft ganz auf sie verzichtet. Durch innovative Techniken ließen sich Schutzeinrichtungen in den Arbeitsprozess integrieren. Dadurch sind sie für den Bediener nicht mehr hinderlich, oft unterstützen sie sogar die Produktivität. Aus diesem Grund sind zuverlässige und in den Arbeitsprozess integrierte Schutzeinrichtungen heute unverzichtbar.

Sicherheit ist ein Grundbedürfnis

Sicherheit ist ein Grundbedürfnis des Menschen. Studien belegen, dass Personen, die permanenten Stresssituationen ausgesetzt sind, häufiger anfällig für psychosomatische Erkrankungen sind. Obwohl der Mensch sich langfristig mit Extremsituationen arrangieren kann, führen sie zu einer hohen individuellen Belastung.

Daraus leitet sich folgendes Ziel ab: **Bediener und Wartungspersonal müssen sich auf die Sicherheit einer Maschine verlassen können!**

Häufig besteht jedoch die Auffassung, dass mehr „Sicherheit“ zu geringerer Produktivität führt – das Gegenteil ist der Fall. Höhere Sicherheit führt zu höherer Motivation und Zufriedenheit und damit letztlich zu höherer Produktivität.

Sicherheit ist eine Führungsaufgabe

Entscheider in der Industrie tragen die Verantwortung für ihre Mitarbeiter sowie für eine wirtschaftliche und störungsfreie Produktion. Nur wenn das Management im Alltagsgeschäft den Sicherheitsgedanken vorlebt, dann werden sich auch die Mitarbeiter dem Thema nicht verschließen.

Zur Verbesserung der Nachhaltigkeit fordern Experten daher den Ausbau einer weit gefassten „Sicherheitskultur“ in den Unternehmen. Nicht ohne Grund, schließlich resultieren neun von zehn Unfällen aus menschlichem Fehlverhalten.

Einbindung der Mitarbeiter führt zu Akzeptanz

Von größter Wichtigkeit ist es, die Bedürfnisse von Bedien- und Wartungspersonal mit in die konzeptionelle Planung einzubinden. Nur ein intelligentes, auf den Arbeitsprozess und das Personal abgestimmtes Sicherheitskonzept führt zur notwendigen Akzeptanz.

Expertenwissen ist erforderlich

Die Sicherheit von Maschinen hängt in großem Umfang von der korrekten Anwendung von Richtlinien und Normen ab. In Europa sind die nationalen Rechtsvorschriften durch europäische Richtlinien, wie z. B. die Maschinenrichtlinie, aneinander angeglichen. Solche Richtlinien beschreiben generelle Anforderungen, die durch Normen konkretisiert werden. Häufig werden europäische Normen auch außerhalb von Europa akzeptiert.

All diese Anforderungen praxisgerecht auszulegen, erfordert ein umfangreiches Expertenwissen, Applikationswissen und eine langjährige Erfahrung.

Europäischen Richtlinien und Normen sind für Hersteller bzw. Inverkehrbringer gültig, die Maschinen in den europäischen Wirtschaftsraum liefern.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

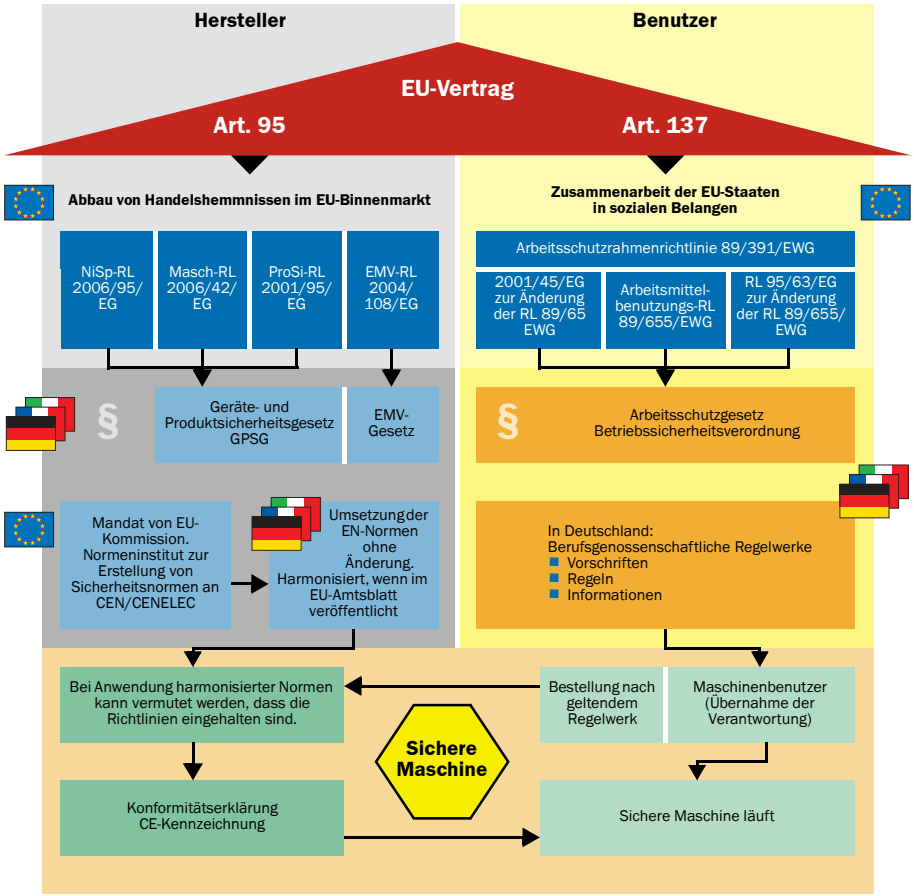
Europäische Richtlinien

Einer der Grundgedanken der Europäischen Gemeinschaft ist der Schutz der Gesundheit ihrer Bürger sowohl im privaten wie im beruflichen Umfeld. Ein anderer Grundgedanke ist die Schaffung eines einheitlichen Marktes mit freiem Warenverkehr.

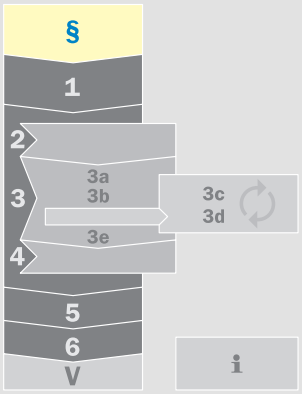
Damit die Ziele des freien Warenverkehrs und des Schutzes der Bürger gleichzeitig verwirklicht werden können, hat die EU-Kommission bzw. der Rat der Europäischen Union verschiedene Richtlinien erlassen. Diese müssen von den Mitgliedsstaaten in nationale Gesetze umgesetzt werden. Die Richtlinien definieren grundsätzliche Ziele und Anforderungen und sind so weit wie möglich technologieneutral gehalten.

Im Bereich der Maschinensicherheit und des Arbeitsschutzes wurden folgende Richtlinien erlassen:

- die Maschinenrichtlinie, die sich an den Hersteller von Maschinen richtet
- die Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie, die sich an den Betreiber von Maschinen richtet
- zusätzliche Richtlinien, wie z. B. Niederspannungsrichtlinie, EMV-Richtlinie, ATEX-Richtlinie



→ Die Richtlinien sind für jedermann frei erhältlich, z. B. unter http://eur-lex.europa.eu/



Die Anforderungen an die Sicherheit von Maschinen wie an den Einsatz von Schutzeinrichtungen werden in den verschiedenen Ländern durch unterschiedliche gesetzliche Vorgaben und technische Normen festgelegt.

In diesem Kapitel ...	Seite
→ Die Maschinenrichtlinie	§-2
→ Die Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie	§-2
→ Pflichten des Maschinenherstellers	§-2
→ Weltweite Normung	§-5
→ Europäische Normung	§-5
→ Nationale Normung	§-5
→ Prüfstellen	§-8
→ Versicherungen	§-8
→ Marktaufsicht – Behörden	§-8
→ Zusammenfassung	§-8

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

§

Die Maschinenrichtlinie

Die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG richtet sich an Hersteller und Inverkehrbringer von Maschinen und Sicherheitsbauteilen. Sie legt die Aufgaben zur Erfüllung der Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen für neue Maschinen fest, um Handelsbarrieren innerhalb Europas abzubauen und um den Anwendern und Bedienern ein hohes Maß an Sicherheit und Gesundheitsschutz zu garantieren.

Sie gilt für die Herstellung von Maschinen sowie für einzeln in Verkehr gebrachte Sicherheitsbauteile, aber auch für gebrauchte Maschinen und Geräte aus Drittländern, die erstmals im europäischen Wirtschaftsraum in den Verkehr gebracht werden (z. B. aus den USA oder Japan).

- 1989 erließ der Rat der Europäischen Gemeinschaft die Richtlinie zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Maschinen, die als **Maschinenrichtlinie** bekannt wurde (89/392/EWG).
- 1995 musste diese Richtlinie in allen Mitgliedsstaaten der EG angewendet werden.
- 1998 wurden verschiedene Änderungen in der jetzt gültigen Maschinenrichtlinie (98/37/EG) zusammengefasst und konsolidiert.
- 2006 wurde eine „Neue Maschinenrichtlinie“ (2006/42/EG) erlassen, die die Vorgängerversion ersetzt und deren Anwendung erst ab dem 29.12.2009 in allen Mitgliedsstaaten der EG verbindlich ist.

Bis zum Stichtag 29.12.2009 ist nur die „alte“ Maschinenrichtlinie (98/37/EG) anzuwenden!
Ab den Stichtag ist nur die „neue“ Maschinenrichtlinie (2006/42/EG) anzuwenden!

Die Maschinenrichtlinie wurde in den deutschsprachigen Ländern wie folgt umgesetzt:
- Deutschland: GPSG (Geräte- und Produktsicherheitsgesetz), 9. Verordnung
- Schweiz: Bundesgesetz über die Sicherheit technischer Einrichtungen und Geräte vom 19. März 1976 (STEG) mit Änderungen vom 18. Juni 1993
- Österreich: BGBl. Nr. 306/1994 „Maschinensicherheitsverordnung – MSV“

Die Mitgliedsstaaten dürfen das Inverkehrbringen und die Inbetriebnahme von Maschinen und Sicherheitsbauteilen, die der Maschinenrichtlinie entsprechen, nicht untersagen, beschränken oder behindern. Daher dürfen sie auch keine höheren Anforderungen an die Beschaffenheit durch nationale Gesetze, Verordnungen oder Normen stellen!

Die Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie

Die Pflichten des Arbeitgebers sind in der Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie geregelt. Diese gilt für die Anwendung von Maschinen und Geräten am Arbeitsplatz.

Die Richtlinie soll dafür sorgen, dass beim Einsatz von Arbeitsmitteln Mindestvorschriften eingehalten werden, um den Sicherheits- und Gesundheitsschutz zu verbessern.

Jedes Mitgliedsland darf seine eigenen nationalen Anforderungen hinzufügen: zum Beispiel an die Prüfung von Arbeitsmitteln, Service oder Wartungsintervalle, Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung, Gestaltung des Arbeitsplatzes usw.

Die Anforderungen der Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie sowie nationale Anforderungen und Betriebsvorschriften sind wiederum in nationalen Gesetzen zusammengestellt.

- Deutschland: Arbeitsschutzgesetz (ArbSchGes), Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Schweiz: Bundesgesetz über die Arbeit in Industrie, Gewerbe und Handel (SR 822.11, ArG)
- Österreich: ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG)

➜ Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie 89/655/EWG: http://eur-lex.europa.eu/

Welche Pflichten hat der Hersteller von Maschinen?

Maschinen sicher gestalten

Die Hersteller sind verpflichtet, ihre Maschinen so zu bauen, dass die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der Maschinenrichtlinie eingehalten werden. Die Hersteller müssen die Integration der Sicherheit bereits während des Konstruktionsprozesses berücksichtigen. In der Praxis bedeutet dies, dass der Konstrukteur schon in der Entwicklungsphase der Maschine eine Risikobeurteilung durchführen muss. Die daraus entwickelten Maßnahmen können direkt in die Konstruktion einfließen. Die Schritte 1 bis 5 dieses Leitfadens beschreiben im Detail, wie hierfür vorzugehen ist.

Betriebsanleitung erstellen

Der Maschinenhersteller muss eine Betriebsanleitung erstellen, die so genannte „Originalbetriebsanleitung“. Mit jeder Maschine muss eine Betriebsanleitung in der Amtssprache des Verwendungslandes mitgeliefert werden. Diese mitgelieferte Betriebsanleitung muss entweder die Originalbetriebsanleitung sein oder eine Übersetzung der Originalbetriebsanleitung. Im letzteren Fall ist zusätzlich die Originalbetriebsanleitung zu liefern.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.
8008007/2008-04-14

§

Technische Dokumentation erstellen

Der Maschinenhersteller muss eine technische Dokumentation erstellen. Diese technische Dokumentation ...

- sollte alle Pläne, Berechnungen, Prüfprotokolle und Dokumente beinhalten, die für Einhaltung der grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der Maschinenrichtlinie relevant sind.
- muss mindestens 10 Jahre nach dem letzten Tag der Herstellung der Maschine (oder des Maschinentyps) aufbewahrt werden.
- muss auf berechtigtes Verlangen den Behörden vorgelegt werden.

Hinweis: Aus der Maschinenrichtlinie kann eine Verpflichtung des Herstellers, die technische Dokumentation an den Käufer (Anwender) der Maschine zu liefern, nicht hergeleitet werden.

Ausstellen der Konformitätserklärung

Wenn der Maschinenhersteller seine Maschine entsprechend gebaut hat, muss er durch die Ausstellung einer Konformitätserklärung und die Kennzeichnung der Maschine (CE-Kennzeichen) die Einhaltung dieser Vorgaben rechtsverbindlich bestätigen. Dann darf die Maschine im europäischen Wirtschaftsraum in Verkehr gebracht werden.

Die Maschinenrichtlinie erläutert den vollständigen Ablauf zur Konformitätsbewertung. Es wird zwischen zwei Verfahren von Maschinen unterschieden (➜ „Das EG-Konformitätsbewertungsverfahren für Maschinen und Sicherheitsbauteile“ auf Seite §-4):

- **Standardverfahren:** Maschinen, die nicht explizit in Anhang IV gelistet sind, unterliegen dem Standardverfahren.
  Die im Abschnitt „Grundsätzliche Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen“ in Anhang I der Maschinenrichtlinie beschriebenen Anforderungen müssen erfüllt werden. Danach bringt der Hersteller in Eigenverantwortung das CE-Zeichen an, ohne Einschalten einer Prüfstelle oder Behörde („Eigenzertifizierung“). Er muss aber vorher die technische Dokumentation der Maschine zusammenstellen, um diese den nationalen Behörden auf Verlangen vorlegen zu können.
- **Verfahren für Maschinen, die in Anhang IV gelistet sind:**
  Maschinen, von denen eine hohe Gefährdung ausgeht, unterliegen besonderen Abläufen.
  Der Anhang IV der Maschinenrichtlinie enthält eine Liste der entsprechenden Maschinen und Sicherheitsbauteile, zu denen auch berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen wie Sicherheits-Lichtschranken und Sicherheits-Laserscanner gehören.
  Die im Abschnitt „Grundsätzliche Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen“ in Anhang I der Maschinenrichtlinie beschriebenen Anforderungen müssen zunächst erfüllt werden.
  Existieren für die Maschinen oder Sicherheitsbauteile harmonisierte Normen, die den gesamten Bereich der Anforderungen abdecken, kann die Konformitätsbescheinigung anschließend auf drei Arten erreicht werden:
  - Eigenzertifizierung
  - EG-Baumusterprüfung durch eine notifizierte Prüfstelle
  - Anwendung eines geprüften und umfassenden Qualitätsmanagementsystems

  Wenn für die Maschinen keine harmonisierten Normen existieren bzw. wenn die Maschine oder Teile der Maschine nicht nach harmonisierten Normen gebaut wurden, kann die Konformitätsbescheinigung nur wie folgt erreicht werden:
  - EG-Baumusterprüfung durch eine notifizierte Prüfstelle:
    Bei einer Prüfung durch eine notifizierte Prüfstelle muss der Hersteller seine Maschine und die dazugehörigen technischen Unterlagen zur Verfügung stellen, damit durch eine „EG-Baumusterprüfung“ festgestellt werden kann, ob die Maschine die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen erfüllt. Die notifizierte Prüfstelle prüft die Übereinstimmung mit den Richtlinien und erstellt eine EG-Baumusterprüfbescheinigung, die die Ergebnisse der Prüfungen darlegt.
  - Anwendung eines geprüften und umfassenden Qualitätsmanagementsystems: Das umfassende QMS muss die Übereinstimmung mit den Anforderungen der Maschinenrichtlinie gewährleisten und von einer notifizierten Prüfstelle geprüft sein. Für die wirksame und sachgemäße Anwendung des QMS ist grundsätzlich der Hersteller verantwortlich. Siehe auch Anhang X der Maschinenrichtlinie.

Kennzeichnung der Maschine als CE-konform

Nachdem alle Voraussetzungen erfüllt wurden, muss die Maschine mit dem CE-Zeichen versehen werden.

Achtung! Das CE-Zeichen darf nur angebracht werden, wenn die Maschine alle auf sie anwendbaren europäischen Richtlinien erfüllt. (Nur dann darf ein Produkt im europäischen Wirtschaftsraum in Verkehr gebracht werden.)

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

§

Sonderfall: unvollständige Maschine

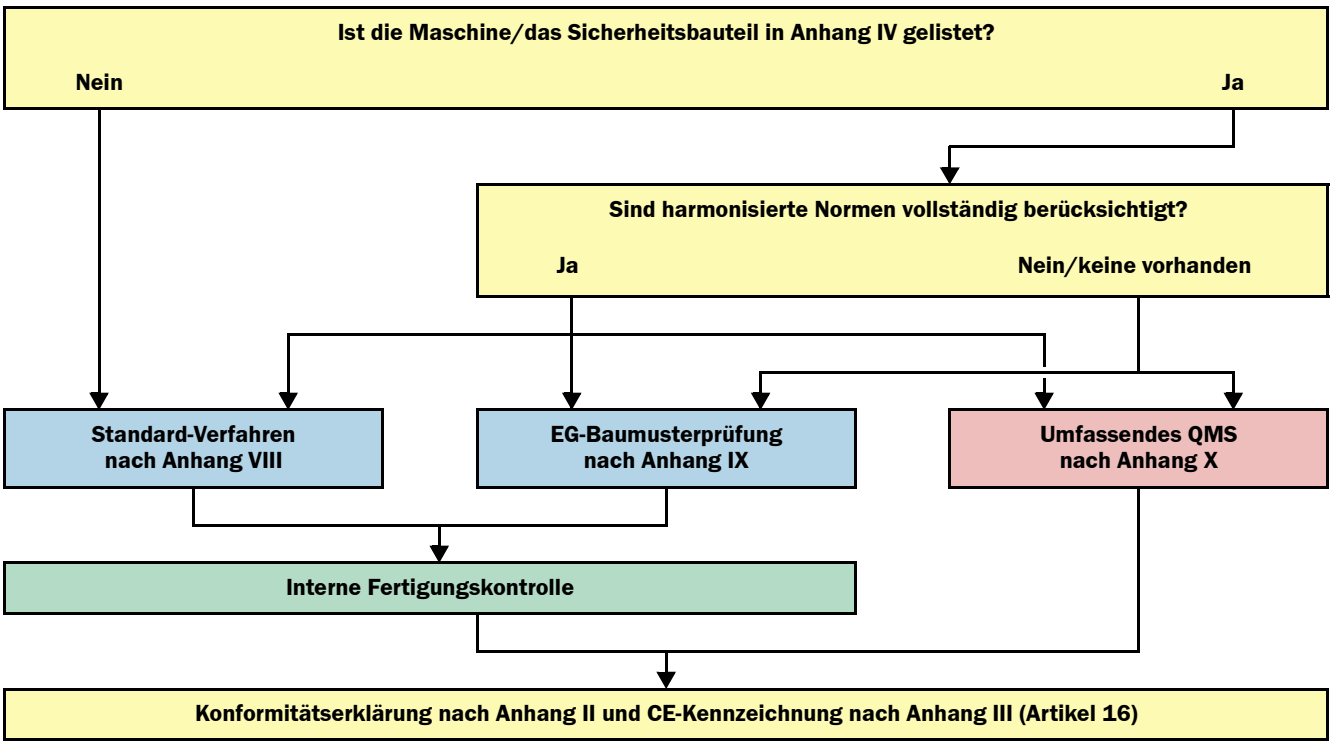
In vielen Fällen werden Teilmaschinen, Maschinenbaugruppen oder Maschinenkomponenten hergestellt und geliefert, die der Definition einer Maschine sehr nahe kommen, aber dennoch nicht als **vollständige Maschine** im Sinne der Maschinenrichtlinie betrachtet werden können. Die Maschinenrichtlinie definiert als „unvollständige Maschine“ eine Gesamtheit von Bauteilen, die fast eine Maschine bildet, jedoch für sich genommen keine bestimmte Funktion erfüllen kann. Z.B. stellt ein einzelner Industrieroboter eine unvollständige Maschine dar. Eine unvollständige Maschine ist nur dazu bestimmt, in andere Maschinen oder in andere unvollständige Maschinen oder Ausrüstungen eingebaut oder mit ihnen zusammengefügt zu werden, um zusammen mit ihnen eine Maschine im Sinne der Richtlinie zu bilden.

Unvollständige Maschinen können nicht alle Anforderungen der Maschinenrichtlinie erfüllen. Die Maschinenrichtlinie regelt daher auch deren freien Verkehr mittels eines besonderen Verfahrens:

- Der Hersteller muss alle vernünftigerweise erfüllbaren grundlegenden Anforderungen der Maschinenrichtlinie einhalten.
- Der Hersteller muss eine Einbauerklärung ausstellen. Diese beschreibt die grundlegenden Anforderungen der Richtlinie, die zur Anwendung kommen und eingehalten werden. Eine technische Dokumentation, ähnlich die einer Maschine, ist entsprechend zu erstellen und aufzubewahren.
- Anstelle einer Betriebsanleitung muss der Hersteller in gleicher Weise eine Montageanleitung erstellen und mit jeder „unvollständigen“ Maschine mitliefern. Die Sprache dieser Montageanleitung kann zwischen Hersteller und Anwender (Integrator) vereinbart werden.

➜ Siehe auch Abschnitt „Prüfstellen, Versicherungen & Behörden“ auf Seite §-8.

Das EG-Konformitätsbewertungsverfahren für Maschinen und Sicherheitsbauteile


Ist die Maschine/das Sicherheitsbauteil in Anhang IV gelistet?
Nein
Ja
Sind harmonisierte Normen vollständig berücksichtigt?
Ja
Nein/keine vorhanden
Standard-Verfahren nach Anhang VIII
EG-Baumusterprüfung nach Anhang IX
Umfassendes QMS nach Anhang X
Interne Fertigungskontrolle
Konformitätserklärung nach Anhang II und CE-Kennzeichnung nach Anhang III (Artikel 16)

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

§

Normen

Normen sind Vereinbarungen, die zwischen unterschiedlichen Interessenverbänden (Hersteller, Verbraucher, Prüfbehörden und Regierungen) getroffen werden. Entgegen der oft herrschenden Meinung werden Normen nicht von Regierungen oder Behörden erstellt oder beschlossen. Normen beschreiben den Stand der Technik zum Zeitpunkt ihrer Erstellung. Während der letzten hundert Jahre hat eine Entwicklung von nationalen Normen zu weltweit gültigen Standards stattgefunden. Je nach Einsatzort der Maschine oder des Produktes können unterschiedliche gesetzliche Regelungen zutreffen, die die Anwendung unterschiedlicher Normen erforderlich machen. Die korrekte Auswahl der anzuwendenden Normen ist für den Maschinenhersteller ein Hilfsmittel zur Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben.

Organisationen und Strukturen der weltweiten Normung

ISO (International Standardization Organisation)

Die ISO ist ein weltweites Netzwerk von Normungsorganisationen aus 157 Ländern. Die ISO erarbeitet und publiziert internationale Standards mit Fokus auf nicht elektrische Technologien.

IEC (International Electrotechnical Commission)

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) ist eine globale Organisation, die internationale Standards auf dem gesamten Gebiet der Elektrotechnik (z.B. Elektronik, Fernmeldetechnik, elektromagnetische Verträglichkeit, Energieerzeugung) und damit verwandten Technologien erarbeitet und publiziert.

Organisationen und Strukturen der europäischen Normung

CEN (Comité européen de normalisation/ Europäisches Komitee für Normung)

Das CEN ist eine Gruppe von Normungsorganisationen aus den EU-Mitgliedsländern, den Ländern der EFTA sowie deren zukünftigen EU-Mitgliedern. Das CEN erarbeitet die Europäischen Normen (EN) auf den nicht-elektrischen Gebieten. Um zu vermeiden, dass diese Normen Handelshemmnisse darstellen, strengt das CEN eine enge Zusammenarbeit mit der ISO an. CEN bestimmt durch ein Abstimmungsverfahren, ob ISO-Normen übernommen werden, und publiziert diese als Europäische Normen.

CENELEC (Comité européen de normalisation electrotechnique/Europäisches elektrotechnisches Normungskomitee)

Das CENELEC ist die vergleichbare Institution zum CEN auf dem Gebiet der Elektrotechnik, und erarbeitet und veröffentlicht Europäischen Normen (EN) in diesem Bereich. Ähnlich wie zwischen CEN und ISO übernimmt das CENELEC dabei in zunehmendem Maße IEC-Normen und deren Benummerung.

Organisationen und Strukturen der nationalen Normung

In der Regel hat jedes EU-Mitgliedsland seine eigene Normungsorganisation wie z.B. DIN, ON, BSI, AFNOR. Diese erstellen und veröffentlichen nationale Normen gemäß den rechtlichen Vorgaben der jeweiligen Mitgliedsstaaten. Um einheitlich die Sicherheit und Gesundheit in der Europäischen Gemeinschaft zu gewährleisten und Handelshemmnisse abzubauen, werden die Europäischen Normen von den nationalen Normungsorganisationen übernommen. Im Verhältnis zwischen nationalen und Europäischen Normen gelten folgende Grundsätze:

- Wenn für übernommene Europäische Normen gleichartige nationale Normen existieren, müssen diese zurückgezogen werden.
- Wenn keine anwendbaren Europäischen Normen für gewisse Aspekte oder Maschinen existieren, dürfen existierende nationale Normen angewendet werden.
- Eine nationale Normungsorganisation darf erst eine neue nationale Norm erstellen, wenn dieses Vorhaben gemeldet wurde und auf europäischer Ebene (bei der CEN oder der CENELEC) kein Interesse vorliegt.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

§

Europäische Normen zur Sicherheit von Maschinen

Um die in den Europäischen Richtlinien definierten Ziele und Anforderungen in der Praxis einheitlich umsetzen zu können, sollen technische Normen diese Anforderungen detailliert beschreiben und konkretisieren.
Der Stand der Norm wird durch verschiedene Abkürzungen angezeigt:

- Eine Norm mit dem Präfix „EN“ ist in allen EU-Staaten anerkannt und anwendbar.
- Eine Norm mit dem Präfix „prEN“ ist derzeit in Bearbeitung.
- Eine Norm mit dem Präfix „HD“ hat die gleichen Eigenschaften wie eine EN, jedoch mit national unterschiedlichen Anpassungen (Harmonisierungsdokument).
- Ein Dokument, welches als Präfix zusätzlich „TS“ enthält, ist eine Technische Spezifikation und dient als Vornorm. Diese gibt es als CLC/TS oder als CEN/TS.
- Ein Dokument, welches als Präfix zusätzlich „TR“ enthält, ist ein Bericht über den Stand der Technik.

So entsteht eine harmonisierte Europäische Norm:

1. Die EU-Kommission, als das ausführende Organ der EU, erlässt ein Mandat an CEN oder CENELEC zur Erarbeitung einer europäischen Norm, um die Anforderungen einer Richtlinie zu konkretisieren.
2. Diese Erarbeitung findet zunehmend in internationalen Gremien statt, in denen die technischen Spezifikationen zur Erfüllung der wesentlichen Sicherheitsanforderungen der Richtlinie(n) festgelegt werden.
3. Sobald die Norm durch die Abstimmung angenommen ist, wird sie im EU-Amtsblatt veröffentlicht. Ab dann gilt sie als eine harmonisierte Europäische Norm und stützt die entsprechende Richtlinie.

- Eine harmonisierte Europäische Norm dient als Referenz und ersetzt alle nationalen Normen zum gleichen Thema.
- Die Konformität eines Sicherheitsbauteiles oder einer Maschine mit einer harmonisierten Norm begründet die Annahme, dass Übereinstimmung mit den grundlegenden Sicherheits- und gesundheitlichen Anforderungen besteht, die in den Richtlinien, z. B. in der Maschinenrichtlinie, festgelegt sind (Vermutungswirkung).

➜ Übersicht zur Normung: http://www.normapme.com/
➜ Eine Auflistung der Normen, die für die Richtlinien Vermutungswirkung besitzen, finden Sie unter http://europa.eu.int/.

Verschiedene Normentypen

Man unterscheidet drei verschiedene Normentypen:

A-Normen

(Sicherheitsgrundnormen) enthalten Grundbegriffe, Gestaltungsleitsätze und allgemeine Aspekte, die auf alle Maschinen angewendet werden können.

B-Normen

(Sicherheitsgruppennormen) behandeln einen Sicherheitsaspekt oder eine Sicherheitseinrichtung, die für eine große Bandbreite von Maschinen eingesetzt werden kann. B-Normen werden wiederum unterteilt in:

- B1-Normen zu speziellen Sicherheitsaspekten, z. B. die elektrische Sicherheit von Maschinen, die Berechnung von Sicherheitsabständen, Anforderungen an Steuerungssysteme
- B2-Normen zu Sicherheitseinrichtungen, z. B. Zweihandschaltungen, trennende Schutzeinrichtungen und berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen

C-Normen

C-Normen enthalten alle Sicherheitsanforderungen für eine spezielle Maschine oder eine Maschinenbauart. Wenn diese Norm existiert, hat sie Vorrang gegenüber der A- oder B-Norm.
Dennoch kann eine C-Norm Bezug auf eine B- oder A-Norm nehmen. Auf jeden Fall müssen die Anforderungen der Maschinenrichtlinie erfüllt werden.

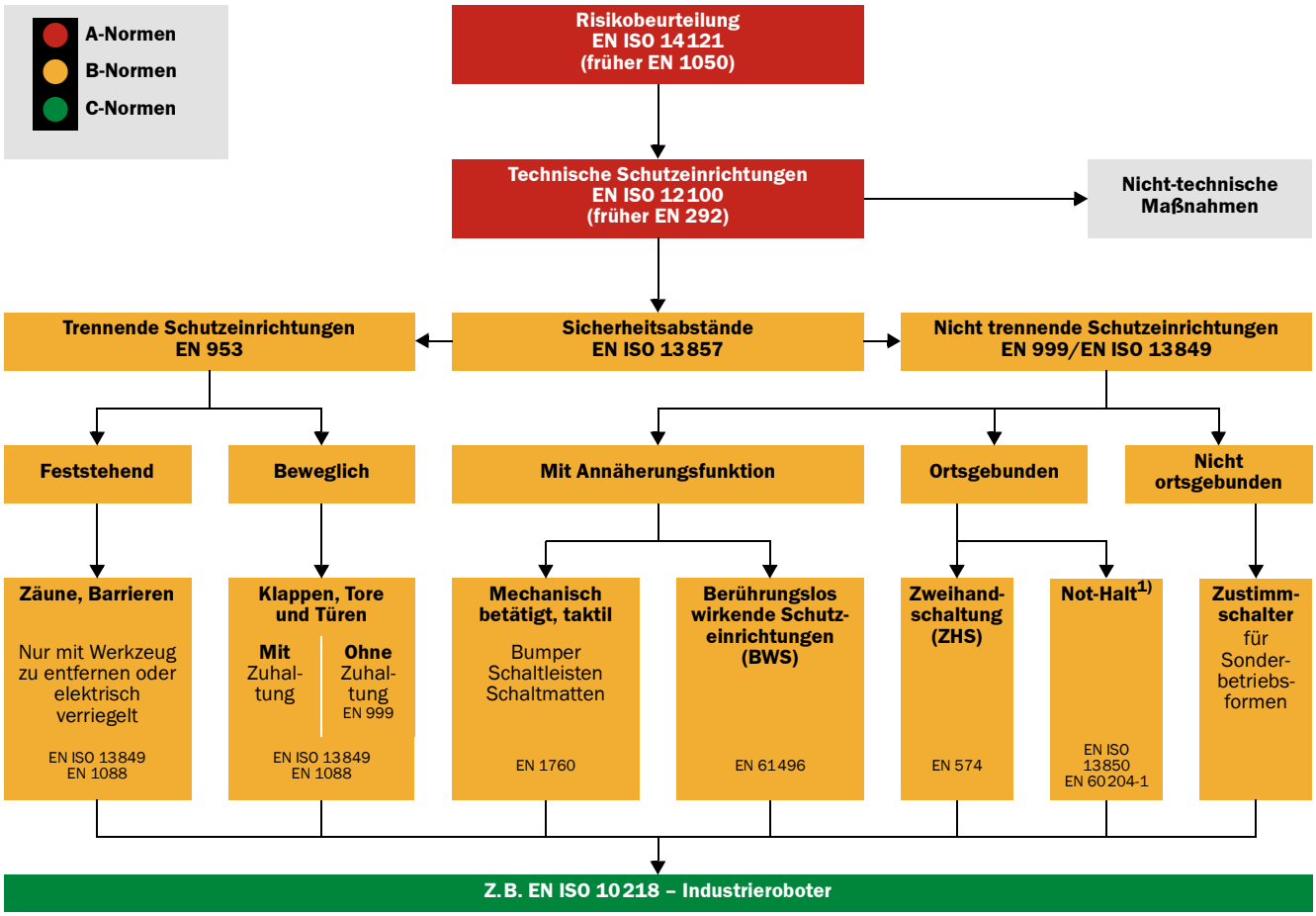
Viele A- und B-Normen sowie wichtige C-Normen werden zur Zeit überarbeitet. Dies führt zu einer neuen Nummerierung der EN-ISO-Normenreihe. Es gibt jedoch in der Regel Übergangsfristen. Daher kann die tatsächliche Anwendung einer gerade überarbeiteten Norm erst in 5 oder gar 6 Jahren erfolgen.

➜ Eine Liste wichtiger Normen finden Sie im Anhang im Abschnitt „Eine Übersicht relevanter Normen“ auf Seite i-5.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

§

Auswahlmöglichkeiten für Schutzeinrichtungen und zugehörige Normen



1) Not-Halt ist eine Sicherheitsmaßnahme, aber keine Schutzeinrichtung!

- Die Anwendung von Normen, unabhängig davon, ob diese harmonisiert sind oder nicht, wird von der Maschinenrichtlinie nicht verlangt. Die Anwendung von harmonisierten Normen jedoch begründet die so genannte „Konformitätsvermutung“, dass die Maschine die Vorgaben der Maschinenrichtlinie erfüllt.
- Wenn eine C-Norm für einen Maschinentyp existiert, dann beugt diese alle anderen A- und B-Normen und auch jegliche Angaben dieses Leitfadens. In diesem Fall begründet nur die C-Norm Grundlage die Konformitätsvermutung zur Erfüllung der entsprechenden Richtlinie.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

§

Prüfstellen, Versicherungen & Behörden

Prüfstellen

Sicherheitsberatende Prüfstellen

Firmen, die wissen wollen, ob ihre Maschinen mit den jeweils gültigen Europäischen Richtlinien und Normen übereinstimmen, können sich sicherheitstechnisch von Prüfstellen beraten lassen.

Akkreditierte Prüfstellen

Akkreditierte Prüfstellen sind Prüfstellen, die die Einhaltung von Prüfverfahren und Prüfkriterien der anerkannten nationalen Institutionen bescheinigen. Dies sind u.a. berufsgenossenschaftliche Prüfstellen und Unfallversicherungsanstalten, die in der Regel über sehr kompetente Fachprüfstellen verfügen.

Notifizierte Prüfstellen

Jedes EG-Mitgliedsland ist verpflichtet, Prüfstellen gemäß den in der Maschinenrichtlinie festgelegten Mindestanforderungen zu benennen und diese Stellen der Europäischen Kommission in Brüssel zu melden.

Nur diese Prüfstellen sind bevollmächtigt, EG-Baumusterprüfungen durchzuführen und EG-Baumusterprüfbescheinigungen für die Maschinen und Sicherheitsbauteile, die in Anhang IV der Richtlinie aufgeführt sind, auszustellen. Nicht alle notifizierten Prüfstellen können jede Art von Produkt oder Maschine prüfen. Viele Prüfstellen sind nur für spezielle Tätigkeitsbereiche notifiziert.

Versicherungen

Berufsgenossenschaften

In Deutschland übernehmen die Berufsgenossenschaften und andere Träger die gesetzliche Unfallversicherungspflicht. Die Berufsgenossenschaften sind in Fachverbänden organisiert, um so die spezifischen Anforderungen der einzelnen Wirtschaftsbranchen besser zu erfüllen.

Versicherungsgesellschaften

Viele Versicherungsgesellschaften unterhalten Beratungsstellen, die eine kompetente Fachberatung anbieten, insbesondere im Hinblick auf die Vermeidung von Haftungsrisiken, die sich aus Unkenntnis oder Nichtbeachtung von gesetzlichen Anforderungen ergeben.

Marktaufsicht – Behörden

In den Länder der EU und der EFTA unterliegt der Arbeitsschutz und die Marktaufsicht der Zuständigkeit von nationalen Behörden.

- In Deutschland sind es die staatliche Ämter für Arbeitsschutz der Bundesländer.
- Österreich unterhält eine Reihe von Arbeitsschutzinspektorate. An diese können sich auch die Maschinenhersteller wenden, um bei Fragen der Maschinen- und Arbeitssicherheit fachkundige Beratung zu erhalten.
- In der Schweiz ist für die Marktaufsicht das Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO) zuständig. Den Vollzug übernimmt die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (Suva), die sich auch durch eine hohe technische Kompetenz auszeichnet.

➜ Wichtige Adressen finden Sie im Anhang im Abschnitt „Nützliche Links“ auf Seite i-8.

Zusammenfassung: Gesetze, Richtlinien, Normen

Als Hersteller einer Maschine gilt für Sie unter anderem die Maschinenrichtlinie:

- Erfüllen Sie die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der Maschinenrichtlinie.
- Planen Sie die Integration der Sicherheit bereits während des Konstruktionsprozesses.
- Verwenden Sie zur Konformitätserklärung entweder das Standardverfahren oder das Verfahren für Maschinen des Anhangs IV der Maschinenrichtlinie.
- Stellen Sie eine technische Dokumentation der Maschine zusammen, insbesondere alle sicherheitsrelevanten Konstruktionsdokumente.
- Liefern Sie eine Betriebsanleitung in der Amtssprache des Verwendungslandes mit. Die Originalversion ist ebenfalls mitzuliefern.
- Füllen Sie eine Konformitätserklärung aus und kennzeichnen Sie die Maschine oder das Sicherheitsbauteil mit dem CE-Kennzeichen.

Als Betreiber einer Maschine gilt für Sie die Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie:

- Halten Sie die Anforderungen der Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie ein.
- Informieren Sie sich, ob weitere nationale Anforderungen (z. B. Prüfung von Arbeitsmitteln, Service- oder Wartungsintervalle usw.) bestehen und erfüllen Sie diese.

Normen

- Technische Normen konkretisieren die in den Europäischen Richtlinien definierten Ziele.
- Die Anwendung von harmonisierten Normen begründet die so genannte „Konformitätsvermutung“, also die Vermutung, dass die Maschine die Vorgaben der Richtlinie erfüllt. D. h. wenn Sie die für Ihre Maschine oder Anlage richtigen Normen auswählen und anwenden, können Sie davon ausgehen, dass Sie die gesetzlichen Anforderungen einhalten.
- Es gibt A-Normen (Sicherheitsgrundnormen), B-Normen (Sicherheitsgruppennormen) und C-Normen (Normen zur Sicherheit von Maschinen). Wenn eine C-Norm existiert, hat sie Vorrang gegenüber der A- oder B-Norm.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.
8008007/2008-04-14

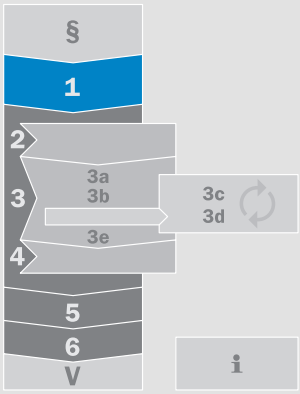
Schritt 1: Risikobeurteilung

Beim Konstruieren einer Maschine müssen die möglichen Risiken analysiert und, wo nötig, Maßnahmen vorgesehen werden, um den Bediener vor bestehenden Gefährdungen zu schützen.

Um dem Maschinenhersteller eine Hilfestellung bei dieser Aufgabe zu geben, definieren und beschreiben die Normen den Prozess der Risikobeurteilung. Eine Risikobeurteilung ist eine Folge von logischen Schritten, die die systematische Analyse und Bewertung von Risiken erlauben. Die Maschine muss unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Risikobeurteilung konstruiert und gebaut werden.

Wo erforderlich, folgt einer Risikobeurteilung eine Risikominderung, indem geeignete Schutzmaßnahmen angewendet werden. Durch die Anwendung von Schutzmaßnahmen darf kein neues Risiko entstehen. Die Wiederholung des gesamten Vorgangs, Risikobeurteilung und Risikominderung, kann erforderlich sein, um Gefährdungen so weit wie möglich zu beseitigen und die erkannten Risiken hinreichend zu vermindern.

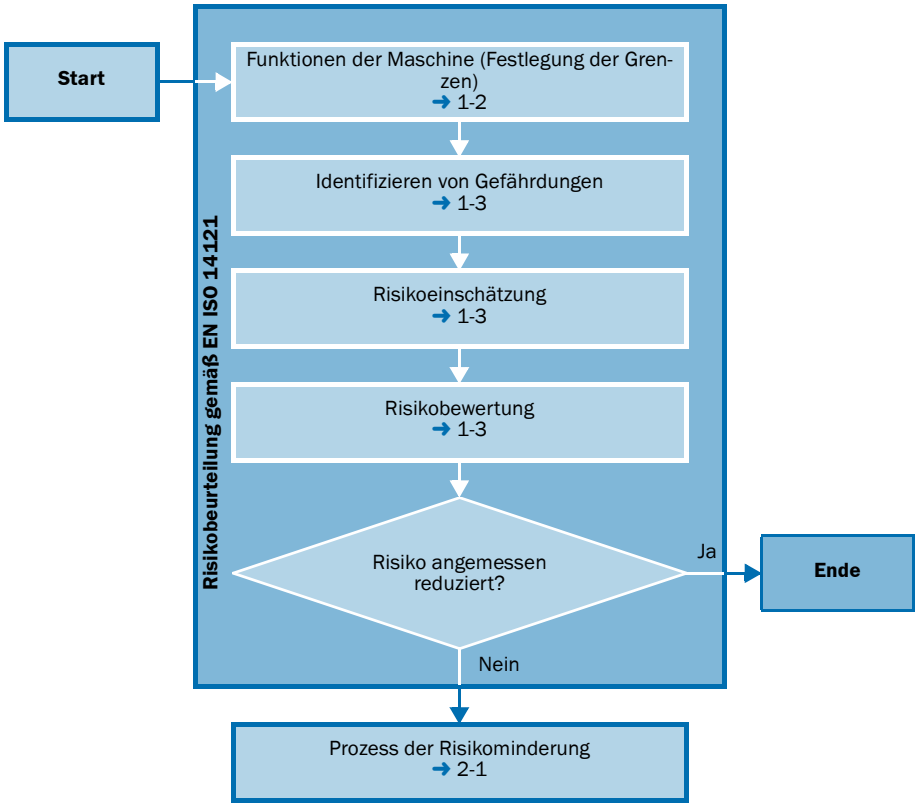
In vielen C-Normen ist die Risikobeurteilung maschinenbezogen und applikationsnah vorgegeben. Wenn keine C-Normen anwendbar oder diese nicht ausreichend sind, dann können die Vorgaben der A- und B-Normen herangezogen werden.



1

- ➜ Risikobeurteilung – A-Norm: EN ISO 14121
- ➜ Risikominderung – A-Norm: EN ISO 12100-1, EN ISO 12100-2

Der Prozess der Risikobeurteilung



- Der Prozess muss für alle Gefährdungen durchgeführt werden. Er muss so lange wiederholt werden (iterativer Prozess), bis das verbleibende Restrisiko annehmbar gering ist.
- Die erreichten Ergebnisse der Risikobeurteilung und das angewendete Verfahren sind zu dokumentieren.

In diesem Kapitel ...

	Seite
➜ Prozess der Risikobeurteilung	1-1
➜ Funktionen der Maschine	1-2
➜ Identifizieren von Gefährdungen	1-3
➜ Risikoeinschätzung & -bewertung	1-3
➜ Dokumentation	1-3
➜ Safexpert	1-4
➜ Zusammenfassung	1-5

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Funktionen der Maschine (Festlegung der Grenzen)

Die Risikobeurteilung beginnt mit der Festlegung der Funktionen der Maschine. Diese können sein:

- die Spezifikation der Maschine (was wird produziert, maximale Produktionsleistung, vorgesehene Materialien)
- räumliche Grenzen und voraussichtlicher Einsatzort
- die geplante Lebensdauer
- die beabsichtigten Funktionen und Betriebsarten
- die zu erwartenden Fehlfunktionen und Störungen
- die am Maschinenprozess beteiligten Personen
- die mit der Maschine in Zusammenhang stehenden Produkte
- der bestimmungsgemäße Gebrauch, aber auch das unbeabsichtigte Verhalten der Bedienperson oder die vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung (Missbrauch) der Maschine

Vorhersehbare Fehlanwendung

Das vernünftigerweise annehmbare, unbeabsichtigte Verhalten der Bedienperson oder die vorhersehbare Fehlanwendung können unter anderem sein:

- Verlust der Kontrolle der Bedienperson über die Maschine (besonders bei handgehaltenen oder beweglichen Maschinen)
- reflexartiges Verhalten von Personen im Falle einer Fehlfunktion, eines Störfalls oder Ausfalls während des Gebrauchs der Maschine
- Fehlverhalten durch Konzentrationsmangel oder Unachtsamkeit
- Fehlverhalten, das bei der Durchführung einer Aufgabe auf die Wahl des „Weges des geringsten Widerstandes“ zurückzuführen ist
- Verhalten unter dem Druck, die Maschine unter allen Umständen in Betrieb zu halten
- Verhalten von bestimmten Personenkreisen (z. B. Kinder, Jugendliche, Menschen mit Behinderungen)

Zu erwartende Fehlfunktion und Störungen

Ein hohes Gefahrenpotenzial geht von Fehlfunktionen und Störungen der für die Betriebsfunktionen relevanten Komponenten (insbesondere der Steuerung) aus. Beispiele:

- Umkehren der Walzbewegung (so dass Hände eingezogen werden)
- Bewegung des Roboters außerhalb seines normalen Arbeitsbereichs

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Identifizieren von Gefährdungen

Nach der Festlegung der Funktion der Maschine folgt der wichtigste Schritt bei der Risikobeurteilung der Maschine. Dieser besteht in der systematischen Identifizierung vorhersehbarer Gefährdungen, Gefährdungssituationen und/oder Gefährdungsereignisse.

Insbesondere sollte der Maschinenhersteller die nachstehenden Gefahren ...	**... in allen Phasen der Lebensdauer der Maschine berücksichtigen.**
■ mechanische Gefährdungen ■ elektrische Gefährdungen ■ thermische Gefährdungen ■ Gefährdungen durch Lärm ■ Gefährdungen durch Schwingungen ■ Gefährdungen durch Strahlung ■ Gefährdungen durch Materialien und Substanzen ■ Gefährdungen durch Vernachlässigung ergonomischer Grundsätze bei der Konstruktion von Maschinen ■ Gefährdungen durch Ausrutschen, Stolpern und Stürzen ■ Gefährdungen im Zusammenhang mit der Einsatzumgebung der Maschine ■ Gefährdungen, die sich aus Kombinationen der o.g. Gefährdungen ergeben	■ Transport, Zusammenbau und Installation ■ Inbetriebnahme ■ Einrichten ■ Normalbetrieb und Störungsbeseitigung ■ Wartung und Reinigung ■ Außerbetriebnahme, Demontage und Entsorgung

Risikoeinschätzung & Risikobewertung

Nachdem die Gefährdungen identifiziert wurden, ist für jede betrachtete Gefährdungssituation eine **Risikoeinschätzung** durchzuführen.

Risiko = **Schadensausmaß** × **Eintrittswahrscheinlichkeit**

Das mit der betrachteten Gefährdungssituation zusammenhängende Risiko hängt von folgenden Elementen ab:

- dem Schadensausmaß, das durch die Gefährdung verursacht werden kann (leichte Verletzung, schwere Verletzung etc.) und
- der Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Schadens. Diese ergibt sich aus:
  - der Gefährdungsexposition einer Person/von Personen
  - dem Eintritt eines Gefährdungsereignisses und
  - den technischen und menschlichen Möglichkeiten zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens

Für die Einschätzung von Risiken gibt es verschiedene Werkzeuge, wie z.B. Tabellen, Risikographen, numerische Methoden etc.

Bei der **Risikobewertung** wird anhand der Ergebnisse der Risikoeinschätzung festgelegt, ob die Anwendung von Schutzmaßnahmen erforderlich ist und wann die erforderliche Risikominderung erreicht wurde.

➜ Werkzeuge und Tabellen: Technical Report – ISO/TR 14121-2

Dokumentation

Die Dokumentation zur Risikobeurteilung muss das angewendete Verfahren und die erzielten Ergebnisse sowie folgende Angaben beinhalten:

- Angaben über die Maschine wie Spezifikationen, Grenzen, bestimmungsgemäße Verwendung etc.
- wichtige Annahmen, die getroffen wurden, wie Lasten, Festigkeiten, Sicherheitskoeffizienten
- alle identifizierte Gefährdungen und Gefährdungssituationen und in Betracht gezogenen Gefährdungsereignisse
- verwendete Daten und deren Quellen wie die Unfallgeschichten und Erfahrungen bei der Risikominderung an vergleichbaren Maschinen
- eine Beschreibung der angewendeten Schutzmaßnahmen
- eine Beschreibung der durch diese Schutzmaßnahmen zu erreichenden Risikominderungsziele
- die mit der Maschine noch verbundenen Restrisiken
- alle während der Risikobeurteilung erstellten Dokumente

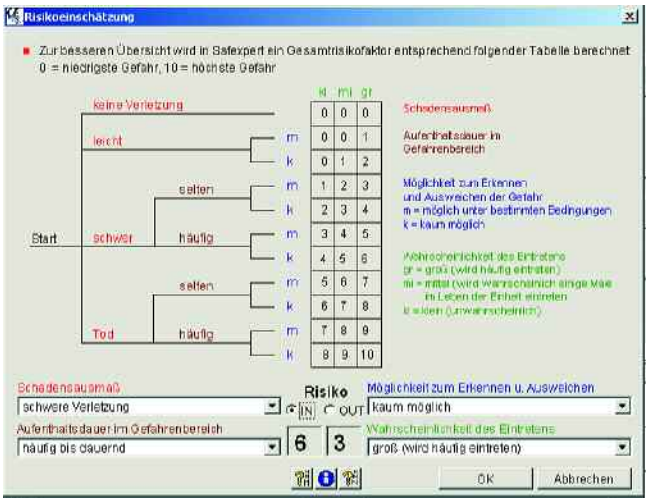
Die Maschinenrichtlinie fordert nicht, dass die Dokumentation zur Risikobeurteilung zusammen mit der Maschine zu übergeben ist!

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

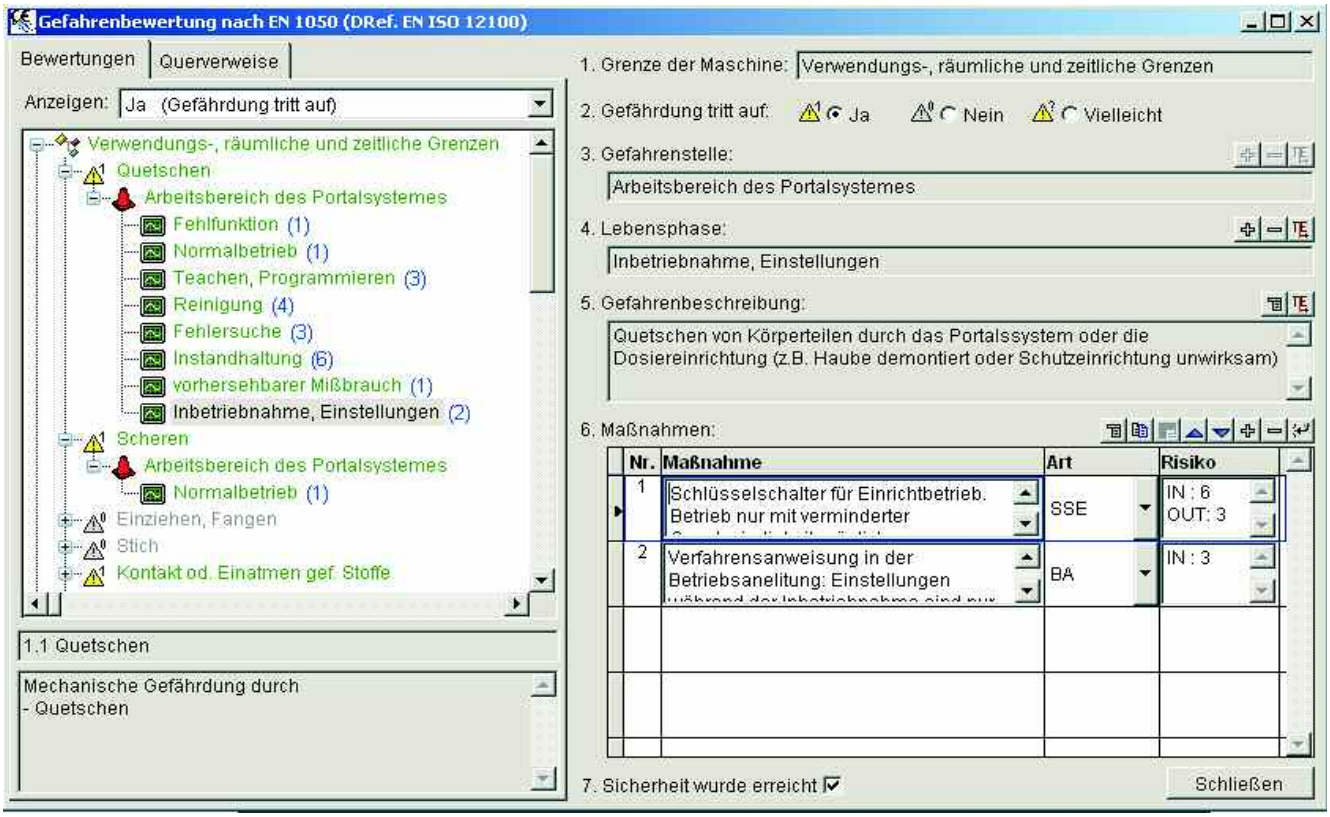
1

Risikobeurteilung mit Safexpert

Dieser Prozess der Risikobeurteilung ist in Safexpert® abgebildet, einer Software für das Sicherheits-Engineering. Die hinterlegte Gefährdungsliste, Auswahlbäume zur strukturierten Risikobetrachtung und das Schema zur Bewertung des Risikos sowie des notwendigen Sicherheitsniveaus bei steuerungstechnischen Maßnahmen vereinfachen die Durchführung. Der Anwender wird durch die gesetzlichen und normativen Vorgaben geführt. Mit Hilfe des Normenmanagers werden die benötigten Normen immer auf dem aktuellen Stand gehalten. Die Gefahren werden getrennt nach Gefahrstellen und in den jeweiligen Lebensphase der Maschine betrachtet. Die Bewertung einzelner Gefahren führt zur optimalen Auswahl der Maßnahmen für eine Risikominderung. In Safexpert wird eine Kombination aus Risikograph und Matrix (Tabelle) benutzt. Die Einschätzung erfolgt bevor (IN) und nachdem (OUT) die Schutzmaßnahme (z. B. Schutzeinrichtung) angewendet wurde. Das Risiko wird in einer Skala von 0 (kein Risiko) bis 10 (höchstes Risiko) eingeteilt.



Safexpert dient nicht nur zur Risikobeurteilung.
Mit Safexpert kann der gesamte Konformitätsprozess gemäß der Maschinenrichtlinie effizient durchgeführt und dokumentiert werden.



➜ Im Internet steht eine geführte Demoversion (Guided Tour) von Safexpert zur Verfügung. http://www.sick.com/safexpert/

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Zusammenfassung: Risikobeurteilung

Allgemein

- Führen Sie eine Risikobeurteilung für alle Gefährdungen durch. Dieser iterative Prozess muss alle Gefahren und Risiken berücksichtigen, bis keine oder nur annehmbar geringe Restrisiken verbleiben.

Prozess der Risikobeurteilung

- Beginnen Sie die Risikobeurteilung mit der Festlegung der Funktionen der Maschine.
- Berücksichtigen Sie bei der Risikobeurteilung insbesondere vorhersehbare Fehlanwendungen und Störungen.
- Identifizieren Sie anschließend die Gefährdungen (mechanische, elektrische, thermische etc.), die von der Maschine ausgehen. Berücksichtigen Sie diese Gefährdungen in allen Phasen der Lebensdauer der Maschine.
- Schätzen Sie dann die von den Gefährdungen ausgehenden Risiken ein. Diese hängen vom Schadensausmaß und von der Eintrittswahrscheinlichkeit des Schadens ab.
- Dokumentieren Sie die Ergebnisse Ihrer Risikobeurteilung.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

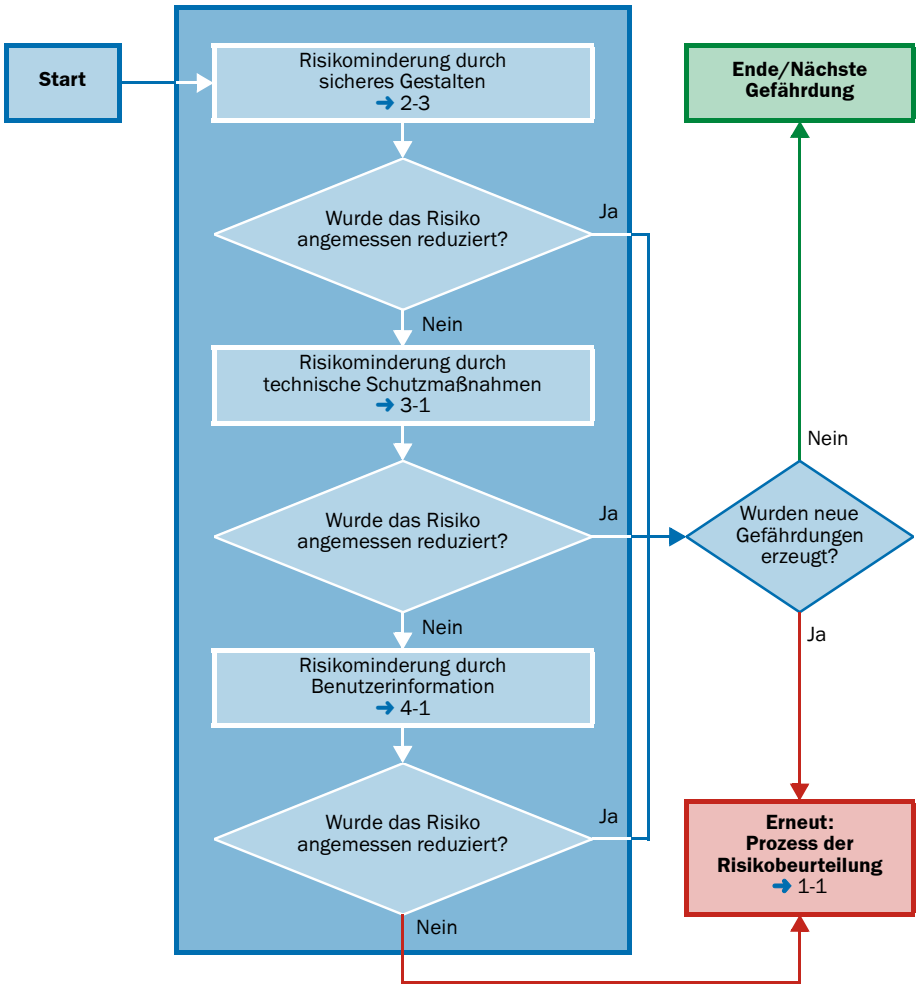
Schritte 2 bis 4: Risikominderung

Wenn die Risikobewertung ergab, dass Maßnahmen nötig sind, um das Risiko zu minimieren, dann muss die 3-Stufen-Methode angewendet werden.

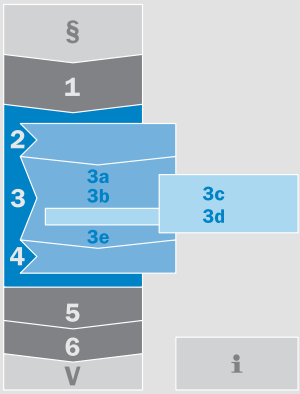
Die 3-Stufen-Methode

Der Maschinenhersteller muss bei der Wahl der Maßnahmen folgende Grundsätze anwenden, und zwar in der angegebenen Reihenfolge:

1. Sicheres Gestalten: Beseitigung oder Minimierung der Risiken so weit wie möglich (Integration der Sicherheit in Konstruktion und Bau der Maschine)
2. Technische Schutzmaßnahmen: Ergreifen der notwendigen Schutzmaßnahmen gegen Risiken, die sich konstruktiv nicht beseitigen lassen
3. Benutzerinformation über Restrisiken



➜ Leitsätze zum Prozess der Risikominderung: EN ISO 12100-1, -2 (A-Normen)



© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Schritt 2: Sicheres Gestalten (inhärent sichere Konstruktion)

Sicheres Gestalten ist die erste und wichtigste Stufe des Risikominderungsprozesses. Hierbei werden mögliche Gefahren schon durch die Konstruktion und Gestaltung selbst ausgeschlossen. Daher ist die Wirksamkeit des sicheren Gestaltens nachweislich am höchsten.

Aspekte des sicheren Gestaltens betreffen die Konstruktion der Maschine selbst und die Wechselwirkungen zwischen den gefährdeten Personen und der Maschine. Beispiele:

- mechanische Konstruktion
- Bedien- und Instandhaltungskonzept
- elektrische Ausrüstung (elektrische Sicherheit, EMV)
- Konzepte zum Stillsetzen im Notfall
- fluidtechnische Ausrüstung
- eingesetzte Werk- und Betriebsstoffe
- Maschinenfunktion und Produktionsprozess

In jedem Fall sollen alle Komponenten so ausgewählt, angewendet und angepasst werden, dass im Falle eines Fehlers an der Maschine die Sicherheit von Personen im Vordergrund steht. Die Vermeidung eines Schadens an der Maschine und der Umgebung soll ebenfalls beachtet werden.

Alle Bestandteile der Maschinenkonstruktion sollen so spezifiziert werden, dass sie innerhalb ihrer zulässigen Grenzwerte funktionieren. Grundsätzlich sollte das Design so einfach wie möglich ausgeführt werden. Sicherheitsbezogene Funktionen sind von anderen Funktionen so gut wie möglich zu trennen.

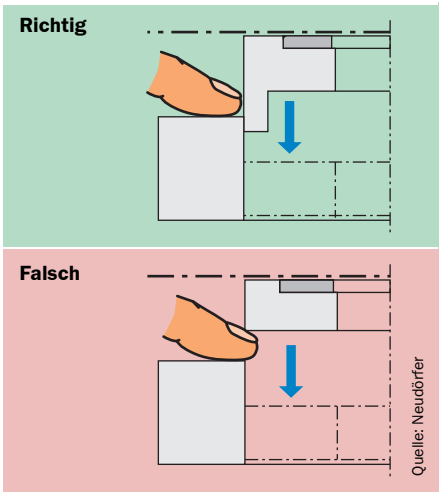
Mechanische Konstruktion

Das erste Ziel eines jeden Designs muss es sein, Gefährdungen erst gar nicht entstehen zu lassen. Dies erreicht man zum Beispiel durch:

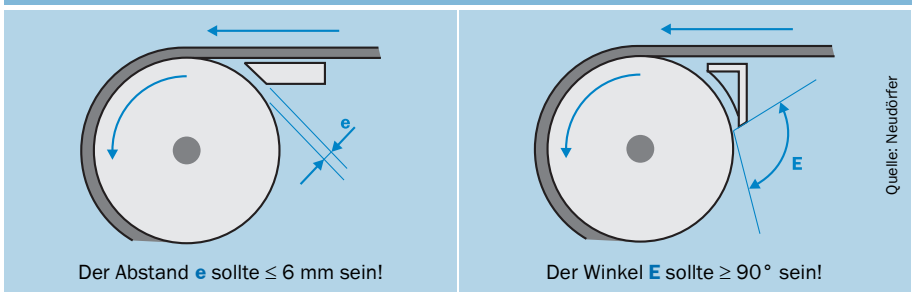
- Vermeiden von scharfen Kanten, Ecken und vorstehenden Teilen
- Vermeiden von Quetschstellen, Scherstellen und Einzugstellen
- Begrenzen der kinetischen Energie (Masse und Geschwindigkeit)
- Beachten ergonomischer Grundsätze

Oft hilft der gesunde Menschenverstand, ansonsten verweisen wir auf weiterführende Literatur.

Beispiel: Vermeiden von Scherstellen



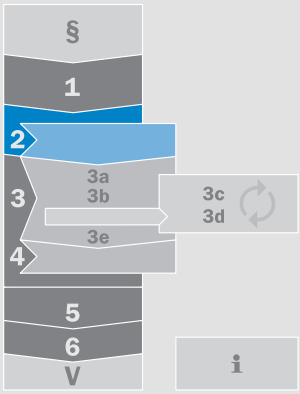
Beispiele: Vermeiden von Einzugstellen



Der Abstand **e** sollte ≤ 6 mm sein!

Der Winkel **E** sollte ≥ 90° sein!

→ Alfred Neudörfer, Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte, Springer Verlag, Berlin u.a., ISBN 978-3-540-21218-8 (3. Auflage 2005)



2

In diesem Kapitel ...	Seite
→ Mechanische Konstruktion	2-3
→ Bedien- und Instandhaltungskonzept	2-4
→ Elektrische Ausrüstung	2-4
→ Stillsetzen	2-8
→ Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	2-9
→ Fluidtechnik	2-10
→ Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen	2-11
→ Zusammenfassung	2-12

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Bedien- und Instandhaltungskonzept

Die Notwendigkeit, sich dem Gefahrbereich auszusetzen, sollte so gering wie möglich sein. Dies kann beispielhaft erreicht werden durch:

- automatische Be- und Entladungsstationen
- Einricht- und Wartungsarbeiten von „außen“
- Verwendung von zuverlässigen und verfügbaren Bauteilen, um Wartungsarbeiten zu vermeiden
- klares und eindeutiges Bedienkonzept, z. B. klare Kennzeichnung von Bedienteilen

Farbliche Kennzeichnung

Bedienteile von Drucktastern sowie Anzeigeleuchten oder Anzeigen auf Bildschirmen sind farblich zu kennzeichnen. Den einzelnen Farben sind unterschiedliche Bedeutungen zugeordnet.

➜ Elektrische Ausrüstung von Maschinen: EN 60204-1

Allgemeine Bedeutung der Farben von Bedienteilen

Farbe	Bedeutung	Erläuterung
Weiß Grau Schwarz	Unspezifisch	Einleiten von Funktionen
Grün	Sicher	Bei sicherer Bedienung betätigen oder um normalen Zustand vorzubereiten
Rot	Notfall	Bei Gefahr bringendem Zustand oder im Notfall betätigen
Blau	Vorschrift	Bei Zustand betätigen, der zwingende Handlung erfordert
Gelb	Anormal	Bei anormalem Zustand betätigen

Allgemeine Bedeutung der Farben von Anzeigeleuchten

Farbe	Bedeutung	Erläuterung
Weiß	Neutral	Verwenden bei Zweifel über die Anwendung von Grün, Rot, Blau oder Gelb
Grün	Normaler Zustand	
Rot	Notfall	Gefahr bringender Zustand, mit sofortiger Handlung reagieren
Blau	Zwingend	Anzeige eines Zustands, der eine zwingende Handlung durch den Bediener erfordert
Gelb	Anormal	Anormaler Zustand, Bevorstehender kritischer Zustand

Elektrische Ausrüstung

Es sind Maßnahmen nötig, um elektrische Gefährdungen an Maschinen auszuschließen. Hierbei unterscheidet man zwei Gefährdungsarten:

- Gefahren, die sich durch den elektrischen Strom ergeben, d. h. Gefährdungen durch direktes und indirektes Berühren
- Gefahren durch Situationen, die indirekt durch Fehler in der Steuerung entstehen

➜ In den folgenden Unterkapiteln finden sie wichtige Punkte für die Gestaltung der elektrischen Ausrüstung.
➜ Elektrische Ausrüstung von Maschinen: EN 60204-1
➜ Niederspannungsrichtlinie 2006/95 EG

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Netzanschluss

Der Netzanschluss ist die Schnittstelle zwischen der elektrischen Ausrüstung der Maschine und dem Versorgungsnetz. Für den Anschluss sind die Bestimmungen des jeweiligen Netzbetreibers zu beachten.

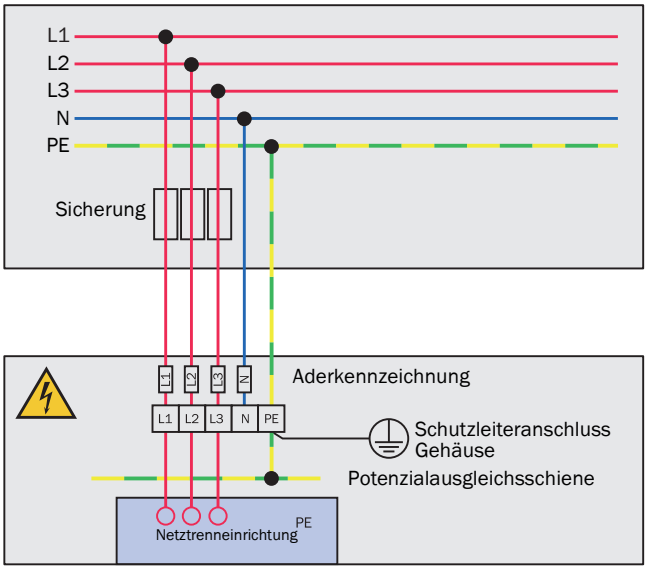
Insbesondere in sicherheitstechnischen Anwendungen ist eine stabile Netzversorgung notwendig. Daher sollen die Spannungsversorgungen kurzzeitige Netzausfälle überbrücken können.

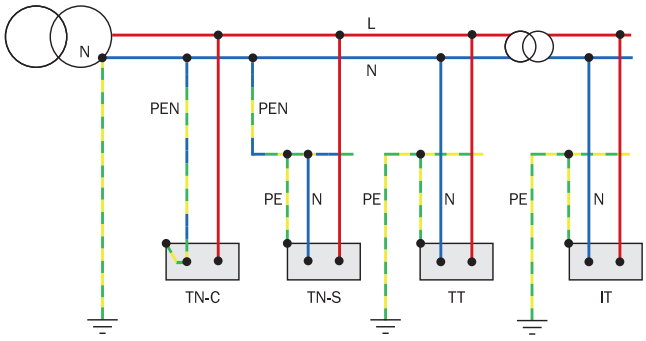
Erdungssystem

Das Erdungssystem charakterisiert sowohl die Art der Verbindung der Sekundärseite des einspeisenden Transformators mit der Erde als auch die Art der Erdung der Körper der elektrischen Ausrüstung. Drei Erdungssysteme sind international standardisiert:

- TN-System
- TT-System
- IT-System

Die Erdung ist eine elektrisch leitfähige Verbindung mit dem Erdboden. Es wird unterschieden zwischen Schutzerdungen PE, die der elektrischen Sicherheit dienen, und Funktionserdungen FE, die anderen Zwecken dienen. Das Schutzleitersystem besteht aus Erdern, Anschlussleitungen und entsprechenden Klemmen. Alle Körper der elektrischen Ausrüstung der Netzversorgung müssen für einen Schutz-Potenzialausgleich mit dem Schutzleitersystem verbunden sein. Der Schutz-Potenzialausgleich ist eine grundlegende Vorsorge für den Schutz im Fehlerfall.





TN-System

Das TN-System stellt die häufigste Netzform in Niederspannungsanlagen dar. Im TN-System ist der Sternpunkt des Transformators direkt geerdet (Betriebserde); die Körper der angeschlossenen Betriebsmittel sind über den Schutzleiter (PE) mit dem Sternpunkt des Transformators verbunden.

Je nach verlegtem Leiterquerschnitt werden PE und N-Leiter als gemeinsamer Leiter (TN-C-System) oder als zwei eigenständige Leiter (TN-S-System) verlegt.

TT-System

In einem TT-System ist der Sternpunkt des einspeisenden Transformators wie in einem TN-System geerdet. Der an die elektrisch leitfähigen Gehäuse der Betriebsmittel angeschlossene Schutzleiter wird nicht bis an diesen Sternpunkt geführt, sondern separat geerdet. Die Körper der Betriebsmittel dürfen auch über einen gemeinsamen Schutzerder geerdet sein.

TT-Systeme werden üblicherweise nur in Verbindung mit FI-Schutzschaltern verwendet.

Der Vorteil des TT-Systems besteht in der größeren Zuverlässigkeit bei langen Überlandstrecken.

IT-System

Die leitfähigen Gehäuse der Betriebsmittel sind in einem IT-System wie in einem TT-System geerdet, der Sternpunkt des einspeisenden Transformators jedoch nicht. Anlagen, bei denen das Abschalten eine gewisse Gefahr beinhaltet und die deshalb beim Auftreten von nur einem Körperschluss oder Erdschluss noch nicht abschalten sollen, werden als IT-System ausgeführt. Im Niederspannungsbereich sind IT-Systeme zum Beispiel zur Versorgung von Operationssälen und Intensivstationen in Krankenhäusern vorgeschrieben.

➜ Schutzmaßnahmen: HD 60364-4-41 (IEC 60364-4-41, mit national unterschiedlichen Anpassungen)

Netztrenneinrichtung

Für jeden Netzanschluss zu einer oder mehreren Maschinen muss eine Netztrenneinrichtung vorgesehen werden. Sie soll die elektrische Ausrüstung von der Netzversorgung trennen können:

- Lasttrennschalter für Gebrauchskategorie AC-23B oder DC-23B
- Trennschalter mit Hilfskontakt zum voreilenden Abwerfen der Last
- Leistungsschalter
- Stecker/Steckdosenkombination bis 16 A/3 kW

Bestimmte Stromkreise, wie Steuerstromkreise für Verriegelungen, müssen von der Trenneinrichtung nicht abgeschaltet werden. In diesem Fall müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, um die Sicherheit des Bedienpersonals zu gewährleisten.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Ausschalteinrichtung zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf

Während Instandhaltungsarbeiten darf ein Anlauf der Maschine oder wiederkehrende Energie keine Gefährdung der Instandhalter hervorrufen. Daher müssen Mittel vorgesehen werden, ein unbeabsichtigtes und/oder irrtümliches Schließen der Netz-Trenneinrichtung zu verhindern. Dies kann beispielsweise durch Einhängen eines Bügelschlosses in die Handhabe eines Hauptschalters in der Stellung **Aus** erfolgen.

Diese Ausschalteinrichtung ist nicht als Schutzmaßnahme für kurze, betriebsbedingte Eingriffe in den Gefahrbereich geeignet.

Schutz gegen elektrischen Schlag

Schutzklassen

Die Einteilung in verschiedene Schutzklassen sagt aus, mit welchen Mitteln eine Ein-Fehler-Sicherheit erreicht wird. Eine Aussage über die Höhe des Schutzes ergibt sich aus dieser Einteilung nicht.

Schutzklasse I

Alle Geräte mit einfacher Isolierung (Basisisolierung) und einem Schutzleiteranschluss fallen unter die Schutzklasse I. Der Schutzleiter muss an der mit dem Symbol oder PE gekennzeichneten Klemme angeschlossen werden und grüngelb sein.

Schutzklasse II

Betriebsmittel mit Schutzklasse II haben eine verstärkte oder doppelte Isolierung und haben keinen Anschluss an den Schutzleiter. Diese Schutzmaßnahme wird auch Schutzisolierung genannt. Ein Schutzleiter darf nicht angeschlossen werden.

Schutzklasse III

Betriebsmittel der Schutzklasse III arbeiten mit Schutzkleinspannung und benötigen daher keinen expliziten Schutz.

Schutzkleinspannung SELV/PELV

Als Schutzkleinspannung, korrekt Sicherheitskleinspannung, sind Wechselspannungen bis 50 Volt Effektivwert und Gleichspannungen bis 120 Volt zulässig. Dabei sind oberhalb einer Grenze von 75 Volt Gleichspannung zusätzlich die Anforderungen der Niederspannungsrichtlinie zu beachten.
Bei Anwendung in üblicherweise trockenen Räumen kann auf einen Schutz gegen direktes Berühren (Basisschutz) verzichtet werden, wenn der Effektivwert der Wechselspannung 25 Volt oder die oberschwingungsfreie Gleichspannung 60 Volt nicht überschreitet. Oberschwingungsfreiheit ist gegeben bei Überlagerung der Gleichspannung mit einem sinusförmigen Wechselspannungsanteil von höchstens 10 % effektiv.
Der Schutzkleinspannungskreis muss sicher von anderen Stromkreisen getrennt werden (ausreichende Luft- und Kriechstrecken, Isolierung, Verbindung von Stromkreisen mit dem Schutzleiter usw.).
Man unterscheidet zwischen:

- SELV (safety extra-low voltage)
- PELV (protective extra-low voltage)

Schutzkleinspannung darf nicht aus dem Netz durch Spartransformatoren, Spannungsteiler oder durch Vorwiderstände erzeugt werden.

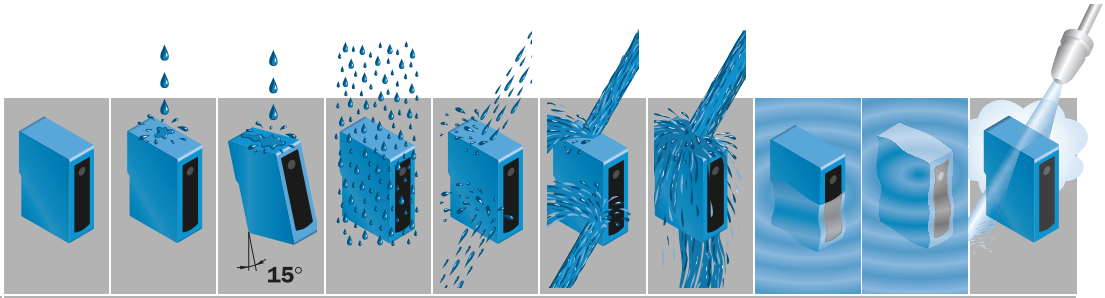
Bezeichnung	Art der Trennung		Beziehung zur Erde oder zu einem Schutzleiter	
	Stromquellen	Stromkreise	Stromkreise	Gehäuse
SELV	Stromquellen mit sicherer Trennung, z. B. ein Sicherheitstransformator oder gleichwertige Stromquellen	Stromkreise mit sicherer Trennung	Ungeerdete Stromkreise	Gehäuse dürfen nicht absichtlich geerdet und auch nicht mit einem Schutzleiter verbunden sein.
PELV			Geerdete Stromkreise	Gehäuse dürfen geerdet oder mit einem Schutzleiter verbunden sein.

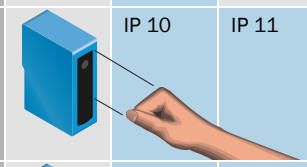
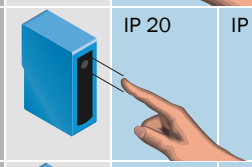
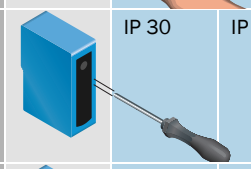
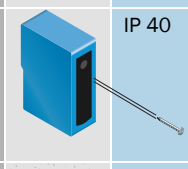
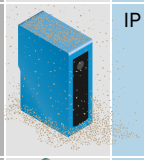
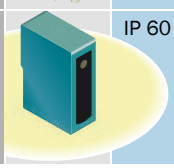
→ Schutzklassen: EN 50178
→ Sicherheit von Transformatoren: EN 61588-Reihe

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Schutzmaßnahmen/Schutzarten

Die Schutzarten beschreiben den Schutz eines Betriebsmittels gegen das Eindringen von Wasser (kein Wasserdampf) und Fremdteile (Staub). Zusätzlich beschreiben sie den Schutz gegen direktes Berühren von spannungsführenden Teilen. Dieser Schutz ist grundsätzlich immer erforderlich, auch bei Kleinspannungen. Alle nach dem Trennen unter Spannung bleibenden berührbaren Teile müssen mindestens mit Schutzart IP 2x, Schaltschränke mindestens mit der Schutzart IP 54 ausgeführt werden.



1. Kennziffer: Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern		**2. Kennziffer:** Schutz gegen Eindringen von Wasser (kein Wasserdampf, keine anderen Flüssigkeiten!)									
		IP ...0	**IP ...1**	**IP ...2**	**IP ...3**	**IP ...4**	**IP ...5**	**IP ...6**	**IP ...7**	**IP ...8**	**IP ...9K**
		Kein Schutz	Tropfwasser		Sprühwasser	Spritzwasser	Strahlwasser	Strahlwasser, stark	Untertauchen		100 bar, 16 l/min., 80 °C
			senkrecht	schräg					zeitweilig	dauernd	
IP 0... Kein Schutz		IP 00									
IP 1... Größe des Fremdkörpers ≥ 50 mm ∅		IP 10	IP 11	IP 12							
IP 2... Größe des Fremdkörpers ≥ 12 mm ∅		IP 20	IP 21	IP 22	IP 23						
IP 3... Größe des Fremdkörpers ≥ 2,5 mm ∅		IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34					
IP 4... Größe des Fremdkörpers ≥ 1 mm ∅		IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44					
IP 5... Staubgeschützt		IP 50			IP 53	IP 54	IP 55	IP 56			
IP 6... Staubdicht		IP 60					IP 65	IP 66	IP 67		IP 69K

➜ Schutzarten durch Gehäuse: EN 60529

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Stillsetzen

Neben dem betriebsmäßigen Stillsetzen muss eine Maschine im Notfall aus Sicherheitsgründen angehalten werden können.

Anforderungen

- Jede Maschine muss mit einer Befehlseinrichtung zum betriebsmäßigen Stillsetzen der gesamten Maschine ausgerüstet sein.
- Es muss zumindest eine Stopp-Funktion der Kategorie 0 vorhanden sein. Zusätzliche Stopp-Funktionen der Kategorie 1 und/oder 2 können aus sicherheits- und funktionstechnischen Erfordernissen der Maschine notwendig sein.
- Ein Befehl zum Stillsetzen der Maschine muss den Befehlen zum Ingangsetzen übergeordnet sein. Wenn die Maschine oder ihre Gefahr bringenden Teile stillgesetzt wurde/n, muss die Energieversorgung des Antriebs unterbrochen werden.

Stopp-Kategorien

Sicherheits- und funktionstechnische Erfordernisse von Maschinen führen zu Stopp-Funktionen in unterschiedlichen Kategorien. Stopp-Kategorien sind nicht zu verwechseln mit den Kategorien gemäß EN 954-1 bzw. EN ISO 13849-1.

Stopp-Kategorie 0	Energiezufuhr zu den Antriebselementen wird getrennt (ungesteuertes Stillsetzen)
Stopp-Kategorie 1	Maschine wird in einen sicheren Zustand versetzt, dann erst wird die Energie zu den Antriebselementen getrennt
Stopp-Kategorie 2	Maschine wird in einen sicheren Zustand versetzt, die Energie aber nicht getrennt

→ Elektrische Ausrüstung von Maschinen: EN 60204-1

Handlungen im Notfall

Not-Halt (Stillsetzen im Notfall)

Im Notfall müssen nicht nur alle Gefahr bringenden Bewegungen angehalten werden, sondern alle Energiequellen sicher abgeleitet werden, von denen eine Gefährdung ausgeht, wie z. B. gespeicherte Energien. Diese Handlung wird mit Not-Halt bezeichnet. Jede Maschine – bis auf die in der Maschinenrichtlinie beschriebenen Ausnahmen – muss mit mindestens einer Not-Halt-Einrichtung ausgerüstet sein.

- Not-Halt-Einrichtungen müssen leicht erreichbar sein.
- Not-Halt muss den Gefahr bringenden Zustand schnellstmöglich beenden, ohne dass zusätzliche Risiken entstehen.
- Der Not-Halt-Befehl muss gegenüber allen anderen Funktionen und Befehlen in allen Betriebsarten Vorrang haben.
- Das Rückstellen der Not-Halt-Einrichtung darf keinen Wiederanlauf einleiten.
- Das Prinzip der direkten Betätigung mit mechanischer Verrastfunktion muss angewendet werden.
- Der Not-Halt muss entsprechend Stopp-Kategorie 0 oder 1 erfolgen.

Not-Aus (Ausschalten im Notfall)

Wenn die Möglichkeit von Gefährdungen oder Beschädigungen durch elektrische Energie besteht, dann sollte Not-Aus vorgesehen werden. Hierbei wird die Energieeinspeisung mit elektromechanischen Schaltgeräten abgeschaltet.

- Die Energieeinspeisung darf erst nach Rückstellen aller Not-Aus-Befehle eingeschaltet werden können.
- Das Not-Aus hat Stopp-Kategorie 0 zur Folge.

Rücksetzen

Wenn ein Gerät für Handlungen im Notfall betätigt wird, dann müssen hierdurch ausgelöste Einrichtungen im Aus-Zustand verbleiben, bis das Gerät für Handlungen im Notfall zurückgesetzt wurde.

Das Rücksetzen von Befehlsgeräten muss manuell vor Ort erfolgen. Dabei darf nur das Wiederingangsetzen der Maschine vorbereitet werden.

Not-Halt und Not-Aus sind ergänzende Schutzmaßnahmen und kein Mittel zur Risikominderung für Gefährdungen an Maschinen.

Anforderungen und Ausführungsformen

Die Kontakte der verwendeten Befehlsgeräte müssen zwangsöffnend sein. Die Bedienteile müssen rot sein, ein vorhandener Hintergrund muss gelb sein. Es können eingesetzt werden:

- mit Pilzdrucktasten betätigte Schalter
- mit Drähten, Seilen oder Schienen betätigte Schalter
- Fußschalter ohne Haube (für Not-Halt)
- Netztrenneinrichtung

Wenn Drähte und Seile als Stellteile für Not-Halt-Einrichtungen verwendet werden, dann müssen diese so konzipiert und angebracht sein, dass sie leicht zu betätigen sind und die Funktion auslösen. Rückstelleinrichtungen sollten so angeordnet sein, dass die ganze Länge des Drahtes oder des Seiles vom Ort der Rückstelleinrichtung aus sichtbar ist.

→ Gestaltungsleitsätze für Not-Halt-Einrichtungen: EN ISO 13850
→ Stillsetzen im Notfall: Maschinenrichtlinie 2006/42/EG

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Die europäische EMV-Richtlinie definiert elektromagnetische Verträglichkeit als „die Fähigkeit eines Gerätes bzw. einer Anlage, in der elektromagnetischen Umwelt zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für andere in der Umwelt vorhandenen Geräte bzw. Anlagen unannehmbar wären."

Die Maschine und die eingesetzten Komponenten müssen so gewählt und verifiziert werden, dass sie den zu erwartenden Störungen standhalten. Für Sicherheitskomponenten gelten erhöhte Anforderungen.

Elektromagnetische Störungen können hervorgerufen werden durch:

- schnelle, transiente, elektrische Störgrößen (Burst)
- Stoßspannungen (Surge), z. B. hervorgerufen durch Blitzeinschläge ins Netz
- elektromagnetische Felder
- hochfrequente Störungen (benachbarter Leitungen)
- elektrostatische Entladung (ESD)

Es gibt Störgrenzen für den Industriebereich und Wohnbereich. Im Industriebereich gelten höhere Anforderung für die Störanfälligkeit, aber es werden auch höhere Störaussendungsgrenzen erlaubt. Daher können Komponenten, welche die Funkschutzbestimmungen für den industriellen Bereich erfüllen, beim Einsatz im Wohnbereich Funkstörungen verursachen. Die folgende Tabelle zeigt exemplarisch Mindeststörfeldstärken verschiedener Anwendungsgebiete.

Typische Mindeststörfeldstärken im Frequenzbereich von 900 bis 2000 MHz

Anwendungsgebiet	Verträgliche Mindeststörfeldstärke
Unterhaltungselektronik	3 V/m
Haushaltselektrogeräte	3 V/m
Geräte der Informationselektronik	3 V/m
Medizinische Geräte	3...30 V/m
Industrieelektronik	10 V/m
Sicherheitskomponenten	10...30 V/m
Fahrzeugelektronik	Bis 100 V/m

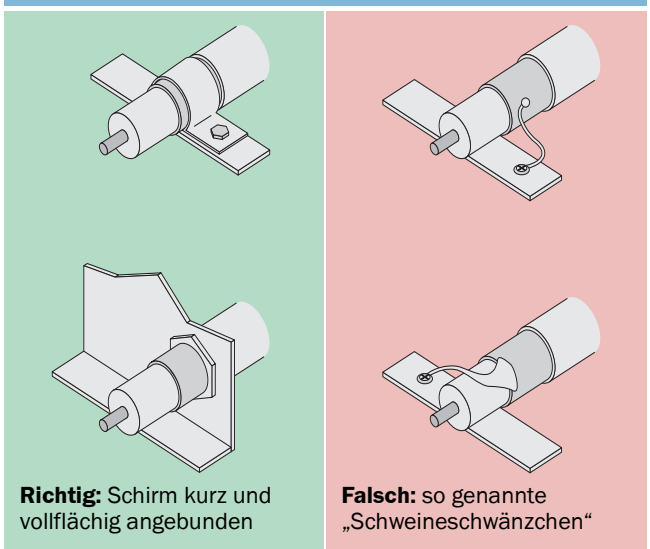
Beispiel: Typische Abstände von Mobilfunkanlagen zur Erreichung verschiedener Störfeldstärken

Anwendungsgebiet	3 V/m	10 V/m	100 V/m	Anmerkung
DECT-Station	Ca. 1,5 m	Ca. 0,4 m	≤ 1 cm	Basisstation oder Mobilteil
GSM-Mobiltelefon	Ca. 3 m	Ca. 1 m	≤ 1 cm	Maximale Sendeleistung (900 MHz)
GSM-Basisstation	Ca. 1,5 m	Ca. 1,5 m	Ca. 1,5 m	Bei einer Sendeleistung von ca. 10 Watt

Folgende Design-Grundregeln helfen, EMV-Probleme zu vermeiden:

- durchgängiger Potenzialausgleich durch leitende Verbindung zwischen Maschinen- und Anlagenteilen
- räumliche Trennung zum dem Versorgungsteil (Netzversorgung/Aktorik/Umrichter)
- keinen Potenzialausgleichstrom über den Schirm führen
- Schirme kurz und vollflächig auflegen
- vorhandene Funktionserde (FE) anschließen
- Vorhandene Kommunikationsleitungen sauber abschließen. Zur Übertragung von Daten (Feldbus) sind häufig verdrillte Leitungen erforderlich.

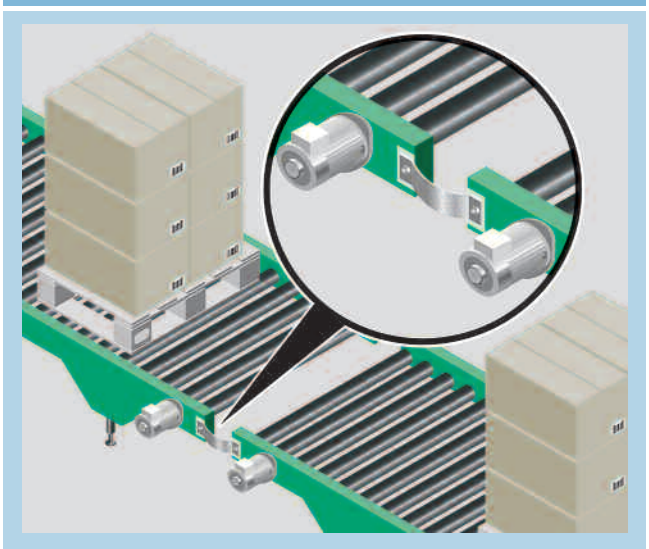
Beispiel: Schirmung korrekt anbinden



Richtig: Schirm kurz und vollflächig angebunden

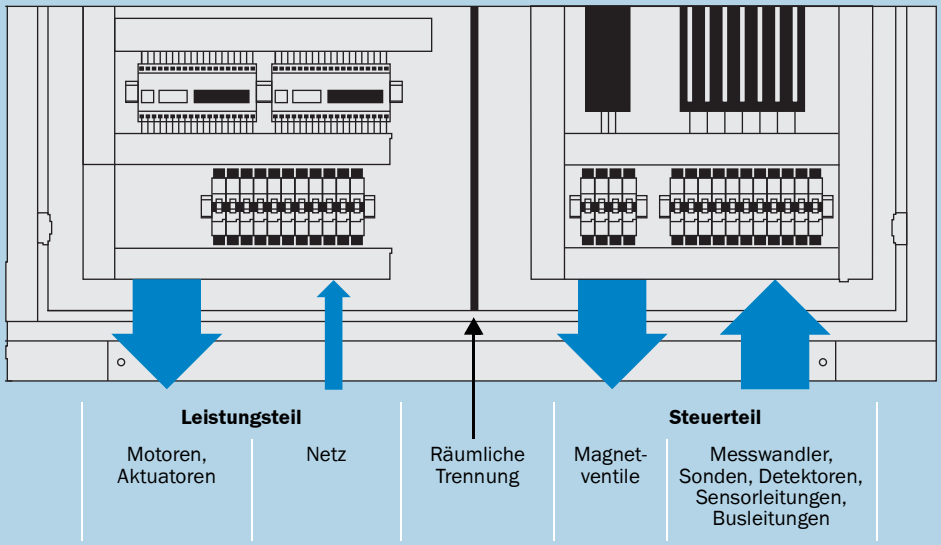
Falsch: so genannte „Schweineschwänzchen"

Beispiel: Potenzialausgleich herstellen



© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Beispiel: Räumliche Trennung



➜ EMV-Normen: EN 61000-1 bis -4
➜ EMV-Anforderungen an Sicherheitskomponenten: EN 61496-1, EN 62061

Fluidtechnik

Fluidtechnik ist ein Oberbegriff für alle Verfahren, bei denen Energie durch Gase oder Flüssigkeiten übertragen wird. Der übergeordnete Begriff wird verwendet, weil Flüssigkeiten und Gase ein ähnliches Verhalten haben. Die Fluidtechnik beschreibt Verfahren und Anlagen zur Kraftübertragung mittels Fluiden in geschlossenen Leitungssystemen.

Teilsysteme

Jede fluidtechnische Anlage besteht aus den Teilsystemen:

- Verdichten: Kompressor/Pumpe
- Aufbereiten: Filter
- Fördern: Verrohrung/Verschlauchung
- Steuern: Ventil
- Antreiben: Zylinder

Druck stellt sich in jedem fluidtechnischen System durch das Fördern des Fluids gegen Lasten ein. Wächst die Last, steigt auch der Druck.

Technisch angewendet wird die Fluidtechnik in der Hydraulik (Energieübertragung durch Hydrauliköle) und in der Pneumatik (Übertragung durch Druckluft). Die Ölhydraulik benötigt einen Kreislauf des Fluids (Hin- und Rücklauf), während in der Pneumatik die Abluft über Schalldämpfer in die Umgebung abgeblasen wird.

Gestaltungsprinzipien

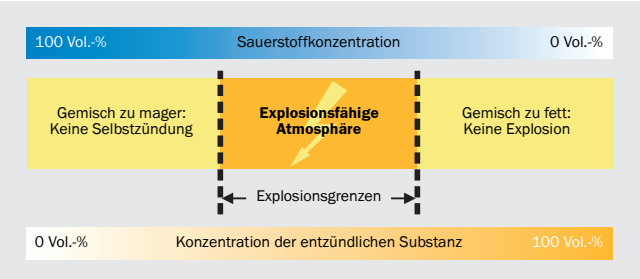
Alle Teile eines fluidtechnischen Systems sind gegen Drücke zu schützen, die den maximalen Arbeitsdruck eines Teilsystems oder den Nenndruck einer Komponente überschreiten. Durch Leckage innerhalb einer Komponente oder in der Verrohrung/Verschlauchung darf keine Gefahr verursacht werden. Schalldämpfer sollen verwendet werden, um den durch entweichende Luft verursachten Schallpegel zu reduzieren. Der Gebrauch von Schalldämpfern darf keine zusätzliche Gefährdung schaffen, Schalldämpfer dürfen keinen schädlichen Gegendruck verursachen.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen

Der Explosionsschutz zählt zu den besonders sicherheitsrelevanten Aufgabenbereichen. Im Explosionsfall sind Personen gefährdet, z. B durch unkontrollierte Hitzestrahlung, Flammen, Druckwellen und umherfliegende Trümmer sowie durch schädliche Reaktionsprodukte und durch den Verbrauch des zum Atmen benötigten Sauerstoffs aus der Umgebungsluft. Explosionen und Brände gehören nicht zu den häufigsten Ursachen von Arbeitsunfällen. Ihre Folgen sind aber spektakulär und häufig mit schweren Verlusten an Menschenleben sowie großen wirtschaftlichen Schäden verbunden.

Wo Stäube, brennbare Gase oder Flüssigkeiten hergestellt, transportiert, verarbeitet oder gelagert werden, kann eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen, d. h. ein Gemisch von Brennstoff und Luftsauerstoff innerhalb der Explosionsgrenzen. Wenn auch eine Zündquelle vorhanden ist, dann kommt es zur Explosion.



Beurteilung des Umfangs der erforderlichen Schutzmaßnahmen

Für eine Beurteilung des Umfangs der erforderlichen Schutzmaßnahmen sind explosionsgefährdete Bereiche nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre in **Zonen** unterteilt. Die Angaben in der folgenden Tabelle gelten nicht für den Bergbau (Übertage, Untertage).

Zonendefinition				
Für Gase	**G**	Zone 2	Zone 1	Zone 0
Für Stäube	**D**	Zone 22	Zone 21	Zone 20
Explosionsfähige Atmosphäre		Selten, kurzzeitig	Gelegentlich	Ständig, häufig, langzeitig
Sicherheitsmaßnahme		Normal	Hoch	Sehr hoch
Einsetzbare Gerätekategorie (ATEX)				
1		II 1G/II 1D		
2		II 2G/II 2D		
3		II 3G/II 3D		

Kennzeichnung

Betriebsmittel müssen für den Einsatz in diesen Zonen ausgelegt, geprüft und entsprechend gekennzeichnet sein.

⟨Ex⟩	II	2G	EEx ia	IIC	T4	**Beispiel: Kennzeichnung eines ⟨Ex⟩-Betriebsmittels gemäß ATEX**
						Temperaturklasse Einsetzbar bei Zündtemperatur > 135 °C
						Explosionsgruppe Acetylen, Schwefelkohlenstoff, Wasserstoff
						Schutzprinzip i = eigensicher a = zwei-Fehler-sicher
						Gerätekategorie (ATEX) Einsetzbar in Zone 1
						Gerätegruppe Einsatz nicht in schlagwettergefährdeten Bereichen
						Explosionsschutz-Kennzeichen

→ Richtlinie 1994/9/EG (ATEX 95 – Hersteller)
→ ATEX Normen: EN 50021 (Gase) und EN 50281 (Stäube)

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Zusammenfassung: Sicheres Gestalten

Mechanik, Elektrik, Bedienung

- Halten Sie sich an den Grundsatz, Gefährdungen erst gar nicht erstehen zu lassen.
- Konstruieren Sie so, dass sich das Bedienpersonal so wenig wie möglich dem Gefahrbereich aussetzen muss.
- Vermeiden Sie Gefahren, die sich direkt durch elektrischen Strom ergeben (direktes und indirektes Berühren) oder die indirekt durch Fehler in der Steuerung entstehen.

Handlungen im Notfall, Stillsetzen

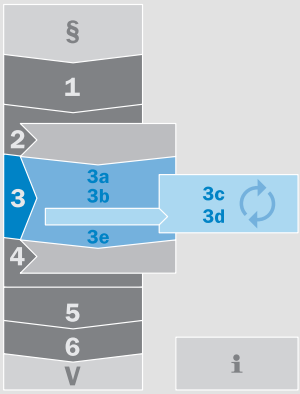
- Planen Sie eine Befehlseinrichtung zum betriebsmäßigen Stillsetzen der gesamten Maschine ein.
- Verwenden Sie Not-Halt, um einen Gefahr bringenden Prozess oder eine Gefahr bringende Bewegung stillzusetzen.
- Verwenden Sie Not-Aus, wenn Energiequellen, von denen eine Gefährdung ausgeht, sicher getrennt werden müssen.

EMV

- Konstruieren Sie Maschinen, die die EMV-Richtlinie erfüllen. Die eingesetzten Komponenten müssen so gewählt und verifiziert werden, dass ...
  - sie keine elektromagnetische Störungen verursachen, die andere Geräte bzw. Anlagen stören.
  - sie ihrerseits den zu erwartenden Störungen standhalten.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Schritt 3: Technische Schutzmaßnahmen



Technische Schutzmaßnahmen werden realisiert durch Schutzeinrichtungen (Abdeckungen, Türen, Lichtvorhänge, Zweihandeinrichtungen) oder Überwachungseinheiten (auf Position, Geschwindigkeit etc.), welche eine Sicherheitsfunktion ausführen.

Nicht alle Schutzeinrichtungen werden in die Steuerung der Maschine eingebunden. Beispiel hierfür ist eine feste trennende Schutzeinrichtung (Barrieren, Abdeckungen). Mit der richtigen Gestaltung dieser Schutzeinrichtung ist die Hauptarbeit gemacht.

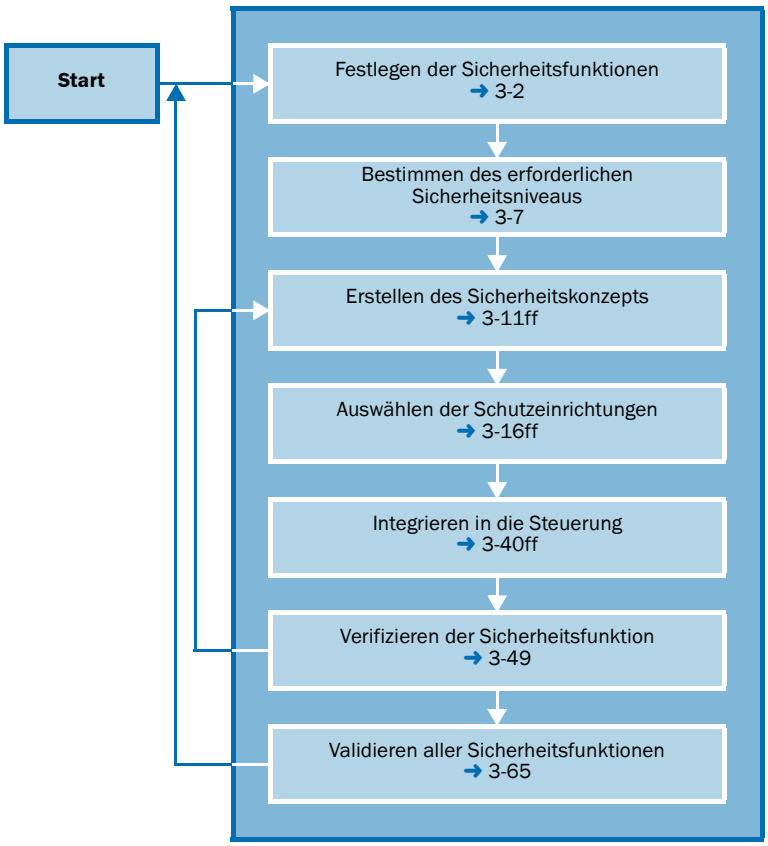
Funktionale Sicherheit

Wo die Wirkung einer Schutzmaßnahme von der korrekten Funktion einer Steuerung abhängt, spricht man von funktionaler Sicherheit. Für die Realisierung der funktionalen Sicherheit müssen Sicherheitsfunktion definiert, das erforderliche Sicherheitsniveau festgelegt und dann mit den richtigen Komponenten umgesetzt und verifiziert werden.

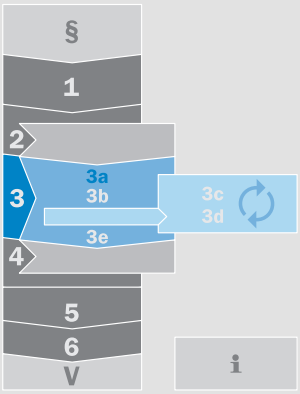
Validierung

Die Validierung aller technischen Schutzmaßnahmen stellt sicher, dass die richtigen Sicherheitsfunktionen zuverlässig wirken.

Die Ausgestaltung von Sicherheitsfunktionen und die Methodik zur steuerungstechnischen Umsetzung bilden den Inhalt der nächsten Kapitel (Teilschritte 3a bis 3e).



© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.



3 a

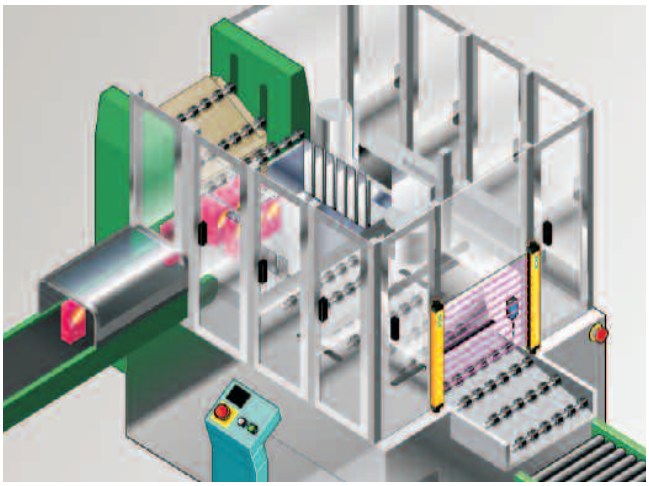
Schritt 3a: Festlegen der Sicherheitsfunktionen

Die Sicherheitsfunktion definiert, wie das Risiko durch sicherheitstechnische Maßnahmen gemindert werden soll. Für jede Gefährdung, die konstruktiv nicht beseitigt wurde, ist eine Sicherheitsfunktion zu definieren. Eine genaue Definition der Sicherheitsfunktion ist notwendig, um die erforderliche Sicherheit mit angemessenem Aufwand zu erzielen. Aus der Definition der Sicherheitsfunktion leitet sich die für die Funktion notwendige Art und Anzahl der Komponenten ab.

➔ Beispiele für die Definition von Sicherheitsfunktionen: BGIA-Report 2/2008 „Funktionale Sicherheit von Maschinensteuerungen“

Zugang/Zugriff dauerhaft verhindern

Der Zugang zu einer Gefahrstelle wird durch mechanische Abdeckungen, Barrieren oder Hindernisse, so genannte trennende Schutzeinrichtungen, verhindert.

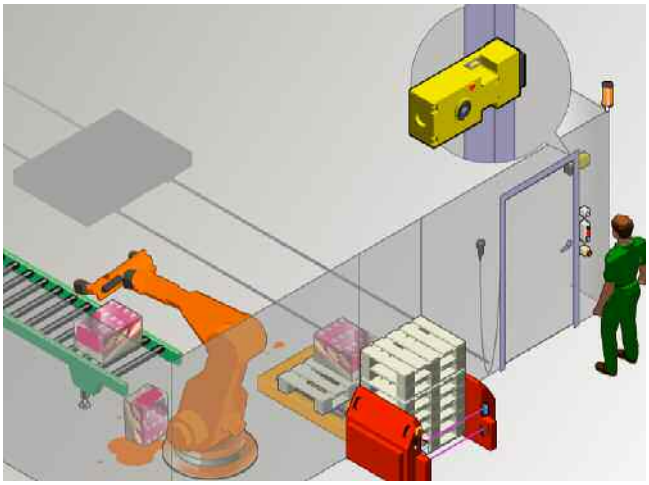


Beispiele:

- Verhinderung des direkten Erreichens von Gefahrstellen durch Abdeckungen (siehe Abbildung)
- durch tunnelförmige Einrichtungen, die das Erreichen der Gefahrstellen verhindern und den Durchgang von Materialien oder Waren erlauben (siehe Abbildung)
- Verhinderung des Ganzkörperzugangs zu Gefahrbereichen durch Schutzgitter

Zugang zeitweise verhindern

Der Zugang zu einer Gefahrstelle wird so lange verhindert, bis sich die Maschine in einem sicheren Zustand befindet. Auf Anforderung wird ein Betriebsstopp eingeleitet. Wenn die Maschine den sicheren Zustand erreicht, wird die Blockierung des Zugangs aufgehoben.



In diesem Kapitel ...

	Seite
➔ Zugang/Zugriff dauerhaft verhindern	3-2
➔ Zugang zeitweise verhindern	3-2
➔ Teile/Stoffe/ Strahlungen zurückhalten	3-3
➔ Stopp auslösen	3-3
➔ Unerwarteten Anlauf vermeiden	3-3
➔ Start verhindern	3-4
➔ Kombination Stopp auslösen/Start verhindern	3-4
➔ Mensch/Material unterscheiden	3-4
➔ Maschinenparameter überwachen	3-5
➔ Sicherheitsfunktionen manuell & zeitlich begrenzt aufheben	3-5
➔ Sicherheitsfunktionen kombinieren oder wechseln	3-5
➔ Stillsetzen im Notfall	3-5
➔ Anzeigen und Alarme	3-5
➔ Weitere Funktionen	3-6
➔ Zusammenfassung	3-6

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

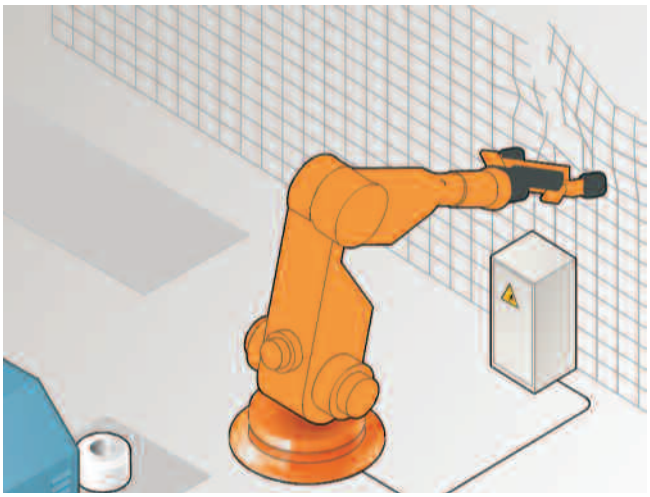
8008007/2008-04-14

Teile/Stoffe/Strahlungen zurückhalten

Wenn aus Maschinen Teile herausgeschleudert werden können oder Strahlungen auftreten, müssen mechanische Schutzeinrichtungen verwendet werden (trennende Schutzeinrichtungen), um die hierbei auftretenden Gefährdungen zu vermeiden.

Beispiele:

- Schutzhaube mit speziellem Sichtfenster an einer Drehmaschine zum Schutz vor herausfliegenden Spänen und Werkzeugteilen
- Zaun, der einen Roboterarm zurückhalten kann (siehe Abbildung)

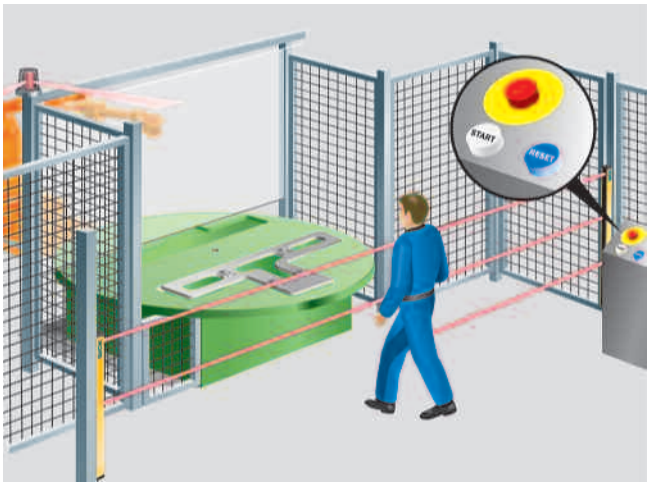


Stopp auslösen

Eine sicherheitsbezogene Stopp-Funktion bringt bei Anforderung (z.B. Annäherung einer Person) die Maschine in den sicheren Zustand. Um Probleme beim Wiederanlauf zu vermeiden, kann es sinnvoll sein, vor dem Sicherheitsstopp einen betriebsmäßigen Stopp zu initiieren (Stoppkategorie 1). Ggf. sind zusätzliche Sicherheitsfunktionen notwendig, um einen unerwarteten Wiederanlauf zu verhindern.

Beispiele:

- Öffnen einer Schutztür mit Verriegelungseinrichtung ohne Zuhaltung
- Unterbrechung der Lichtstrahlen der zugangsabsichernden Sicherheits-Lichtschranke (siehe Abbildung)



Unerwarteten Anlauf vermeiden

Nach dem Auslösen der Funktion „Stopp-Auslösen“ oder dem Einschalten der Maschine sind bewusste Aktionen notwendig, um die Maschine in Gang zu setzen. Hierzu zählt das manuelle Rücksetzen einer Schutzeinrichtung zum Vorbereiten des Wiederanlaufs der Maschine.

Beispiele:

- Rücksetzen einer Lichtschranke (siehe Abbildung „Stopp auslösen“: blaue Taste „Reset“)
- Rückstellen der Not-Halt-Einrichtung
- Wiederanlauf der Maschine, wenn alle notwendigen Sicherheitseinrichtungen wirksam sind

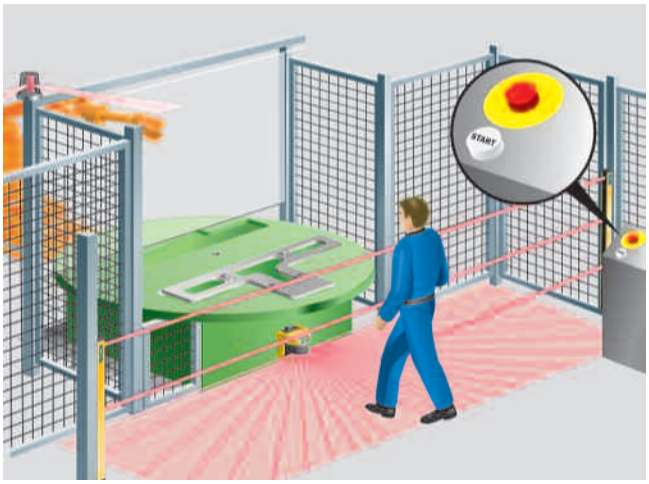
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Start verhindern

Nach dem Auslösen einer sicherheitsbezogenen Funktion „Stopp-Auslösen“ wird ein Start oder Wiederingangsetzen durch technische Maßnahmen verhindert, solange sich Personen im Gefahrbereich befinden.

Beispiele:

- Schlüsseltransfersysteme
- Erfassung im aktiven Schutzfeld eines Sicherheits-Laserscanners (siehe Abbildung). Die Funktion „Stopp auslösen“ wird durch das vertikale Schutzfeld der Sicherheits-Lichtschranke realisiert.

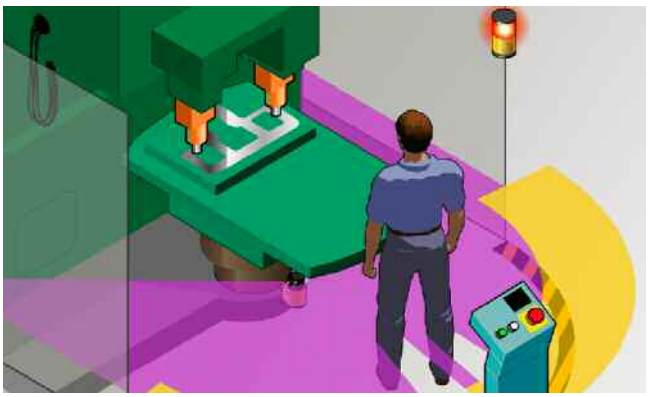


Kombination Stopp auslösen und Start verhindern

Mit derselben Schutzeinrichtung, welche den Stopp auslöst, wird ein erneuter Start verhindert, solange sich Personen oder Körperteile im Gefahrbereich befinden.

Beispiele:

- eine Zweihandeinrichtung bei 1-Personen-Arbeitsplätzen
- Nutzung eines Lichtvorhangs, so dass Hintertreten oder Umgreifen nicht möglich ist (Gefahrstellenabsicherung)
- Anwendung eines bereichsabsichernden Sicherheits-Laserscanners (siehe Abbildung)

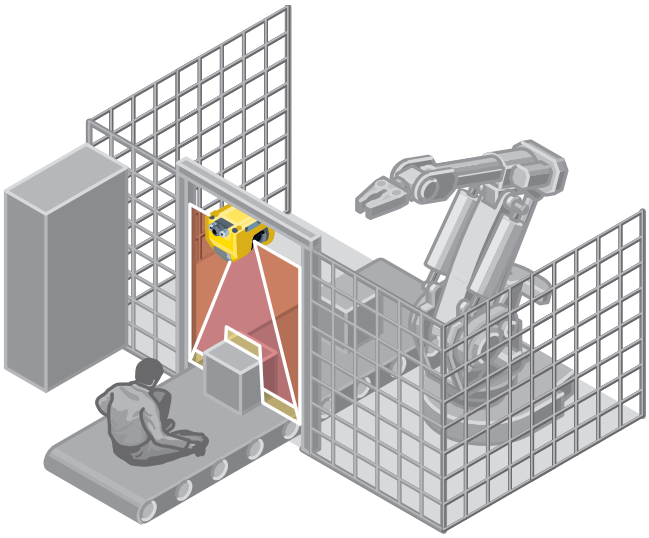


Mensch/Material unterscheiden

Um Materialien in oder aus Gefahrbereichen zu fördern, werden spezifische Merkmale der zugeführten Materialien zur automatischen Unterscheidung zwischen Materials und Personen benutzt. Beim Materialtransport spricht die Schutzeinrichtung dann nicht an, Personen werden jedoch erkannt.

Beispiele:

- Muting einer berührungslos wirkenden Schutzeinrichtung (BWS)
- horizontale Lichtvorhänge mit integriertem Algorithmus zur Mensch-Material-Unterscheidung
- Schutzfeldumschaltung eines Sicherheits-Laserscanners (siehe Abbildung)



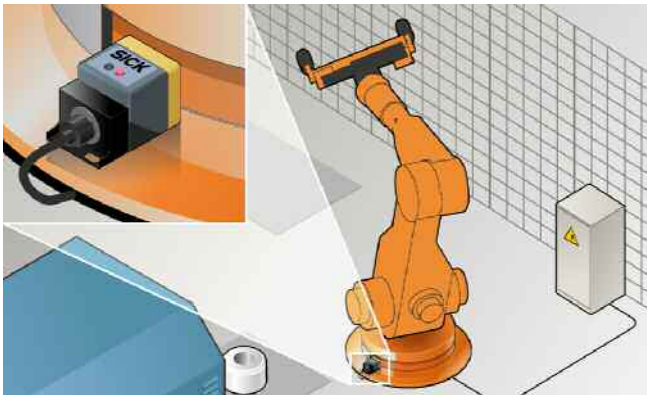
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Maschinenparameter überwachen

In manchen Applikationen ist es erforderlich, verschiedene Parameter der Maschine auf sicherheitsbezogene Grenzen zu überwachen. Bei Überschreiten eines Grenzwertes werden geeignete Maßnahmen eingeleitet (z. B. Stopp, Warnsignal).

Beispiele:

- Überwachung von Geschwindigkeit, Temperatur oder Druck
- Positionsüberwachung (siehe Abbildung)

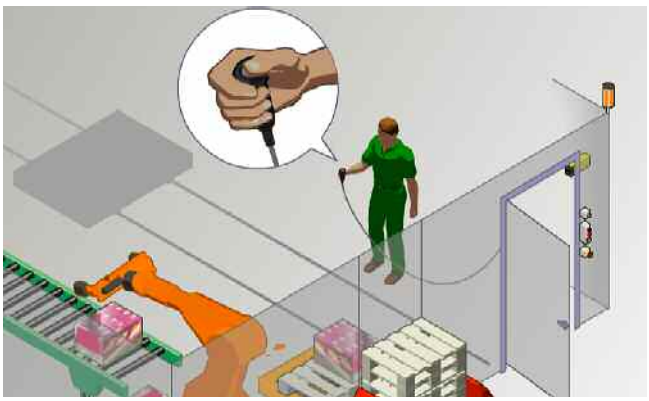


Sicherheitsfunktionen manuell und zeitlich begrenzt aufheben

Wenn bei Einrichtarbeiten oder zur Prozessbeobachtung Sicherheitsfunktionen zeitweilig aufgehoben werden sollen, müssen dafür zusätzliche Maßnahmen zur Risikominderung wirken. Die Aufhebung muss manuell erfolgen.

Beispiele:

- Begrenzung der Bewegungsgeschwindigkeit oder -kraft
- Begrenzung der Bewegungsdauer (Tippbetrieb)
- manuelle Bedienstation mit Zustimmschalter und +/−-Tasten (siehe Abbildung)



Sicherheitsfunktionen kombinieren oder wechseln

Eine Maschine kann verschiedene Zustände einnehmen oder in verschiedenen Betriebsarten arbeiten. Hierbei können unterschiedliche Sicherheitsmaßnahmen wirken oder verschiedene Sicherheitsfunktionen miteinander gekoppelt sein. Durch Steuerungsfunktionen soll sichergestellt sein, dass hierbei immer das notwendige Sicherheitsniveau erreicht wird. Eine Umschaltung von Betriebsarten oder die Auswahl und Anpassung verschiedener Sicherheitsmaßnahmen darf nicht zu einem Gefahr bringenden Zustand führen.

Beispiele:

- Nach einem Betriebsartenwechsel zwischen Einricht- und Normalbetrieb wird die Maschine angehalten. Ein erneuter manueller Start-Befehl ist erforderlich.
- Aufheben des Stopp-Befehls eines Sicherheits-Lichtvorhangs beim gefahrlosen Aufwärtshub einer Presse
- Anpassung des Überwachungsbereichs eines Laserscanners an die Geschwindigkeit des Fahrzeuges

Stillsetzen im Notfall

Stillsetzen im Notfall (Not-Halt) ist eine ergänzende Schutzmaßnahme und kein primäres Mittel zur Risikominderung. Daher wird diese Funktion nicht als eigentliche Sicherheitsfunktion betrachtet.

Abhängig von der Risikobeurteilung der Maschine ist es dennoch empfehlenswert, diese Funktion mit dem gleichen Sicherheitsniveau auszuführen wie die primären Schutzmaßnahmen.

➜ Siehe EN 60204-1:2006 und EN ISO 13850

Sicherheitsrelevante Anzeigen und Alarme

Sicherheitsrelevante Zustandsanzeigen sind ergänzende Maßnahmen zu den klassischen Sicherheitsfunktionen.

Beispiele:

- Verriegelungsanzeigen
- Anlaufwarneinrichtungen
- Muting-Leuchten

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Weitere Funktionen

Weitere Funktionen können auch von sicherheitstechnischen Einrichtungen ausgeführt werden, auch wenn diese nicht zum Schutz von Personen verwendet werden. Hierdurch werden die eigentlichen Sicherheitsfunktionen nicht beeinträchtigt.

Beispiele:

- Werkzeug-/Maschinenschutz
- Taktbetrieb (Zyklusauslösung)
- Zustand der Schutzeinrichtung wird für Automatisierungsaufgaben (z. B. Navigation) mitgenutzt
- Übertragung des Zustandes der Schutzmaßnahmen über ein Bussystem an eine zentrale Leitstelle

Zusammenfassung: Festlegen der Sicherheitsfunktionen

Legen Sie fest, welche Sicherheitsfunktionen zur Risikominderung erforderlich sind:

- Zugang/Zugriff dauerhaft verhindern
- Zugang zeitweise verhindern
- Teile/Stoffe/Strahlungen zurückhalten
- Stopp auslösen
- Start verhindern
- unerwarteten Anlauf vermeiden
- Kombination Stopp auslösen und Start verhindern
- Mensch/Material unterscheiden
- Maschinenparameter überwachen
- Sicherheitsfunktionen manuell und zeitlich begrenzt aufheben
- Sicherheitsfunktionen kombinieren oder wechseln

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Schritt 3b: Bestimmen des erforderliches Sicherheitsniveaus

In der Regel wird in C-Normen (maschinenspezifische Normen) das erforderliche Sicherheitsniveau vorgegeben.
Das erforderliche Sicherheitsniveau ist für jede Sicherheitsfunktion einzeln festzulegen und gilt dann für alle beteiligten Geräte, wie z. B. für ...

- den Sensor/die Schutzeinrichtung
- die auswertende Logikeinheit
- den/die Aktor(en)

Falls keine C-Norm für die entsprechende Maschine vorhanden ist oder in der C-Norm diesbezüglich keine Vorgaben existieren, kann das erforderliche Sicherheitsniveau nach einer der folgenden Normen ermittelt werden:

- → EN 954-1 (noch anwendbar bis zum 29.11.2009)
- → EN ISO 13849-1:2006
- → EN 62061:2005

Durch die Anwendung der Normen wird sichergestellt, dass der Aufwand für die Realisierung in einem angemessenen Verhältnis zum festgestellten Risiko steht.
Der Schutz eines Bedieners, der mit der Hand Teile in eine Metallpresse einlegt bzw. entnimmt, verlangt eine andere Betrachtungsweise als der Schutz eines Bedieners, der an einer Maschine arbeitet, bei der das maximale Risiko im Einklemmen eines Fingers besteht.
Darüber hinaus kann ein und dieselbe Maschine in verschiedenen Lebensphasen verschiedene Gefahrstellen mit unterschiedlichen Risiken besitzen. Hier sind Sicherheitsfunktionen für jede Lebensphase und Gefährdung einzeln festzulegen.

Basis für alle Normen sind die folgenden Parameter der Risikobewertung:

- die Schwere der möglichen Verletzung/Gesundheitsschädigung
- die Häufigkeit und/oder die Dauer der Gefahrexposition
- die Möglichkeit der Gefahrvermeidung

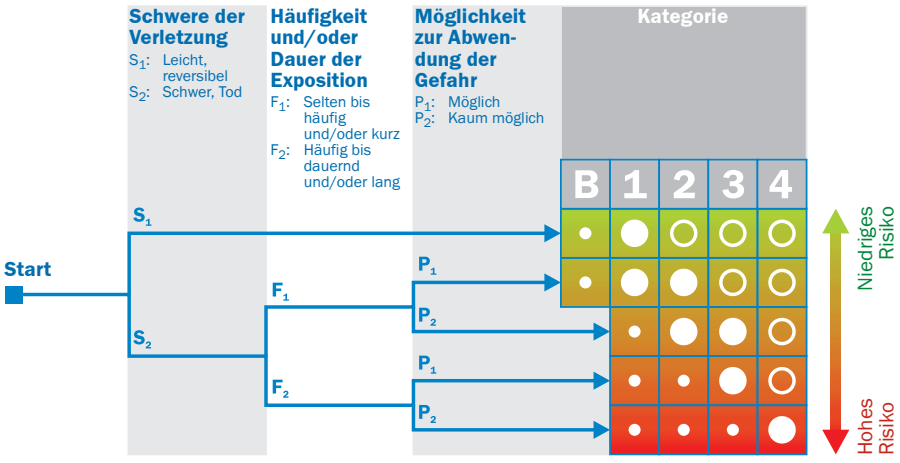
Die Kombination der Parameter bestimmt das erforderliche Sicherheitsniveau.

Bei der Anwendung der in diesen Normen beschriebenen Verfahren zur Bestimmung des Sicherheitsniveaus wird die Maschine ohne Schutzeinrichtungen betrachtet.

Kategorie gemäß EN 954-1 (1996)

Das Verfahren für die Auswahl der erforderlichen funktionalen Sicherheit der bisher verwendeten EN 954-1 (1996) ist als Risikograph bekannt. Dieser legt das erforderliche Sicherheitsniveau in Kategorien fest.

Die EN 954-1 kann noch bis zum 29.11.2009 angewendet werden. Sie wurde durch die EN ISO 13849-1 abgelöst.



In diesem Kapitel ...	Seite
→ Kategorie gemäß EN 954-1 (1996)	3-7
→ PL gemäß EN ISO 13849-1	3-8
→ SIL gemäß EN 62061	3-9
→ Zusammenfassung	3-10

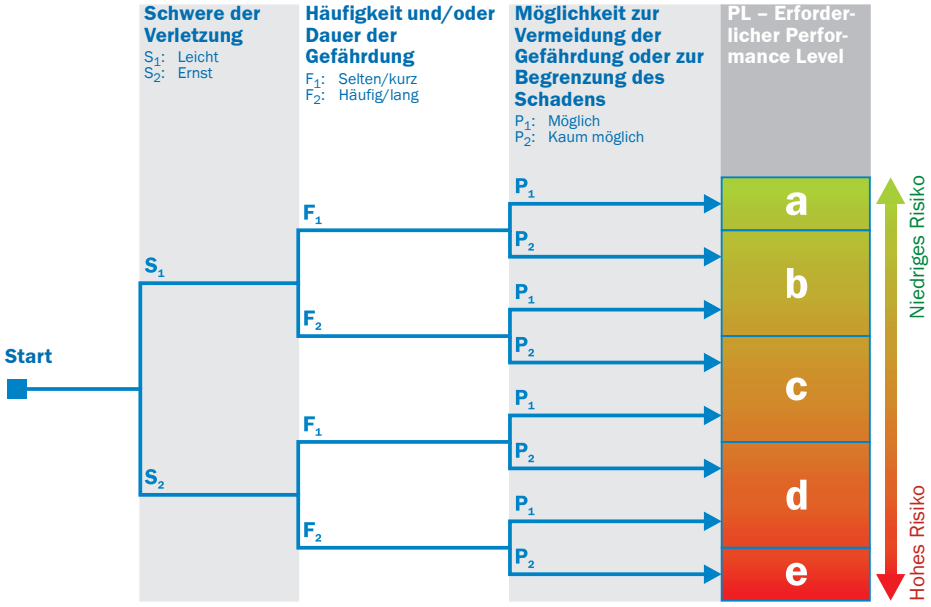
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Sowohl die EN ISO 13849-1 als auch die EN 62061 definieren Anforderungen für den Entwurf und die Realisierung sicherheitsbezogener Teile von Steuerungen. Der Anwender kann die relevante Norm entsprechend der verwendeten Technologie nach den Angaben in der nebenstehenden Tabelle auswählen:

Technologie	EN ISO 13849-1	EN 62061
Hydraulik	Anwendbar	Nicht anwendbar
Pneumatik	Anwendbar	Nicht anwendbar
Mechanik	Anwendbar	Nicht anwendbar
Elektrik	Anwendbar	Anwendbar
Elektronik	Anwendbar	Anwendbar
Programmierbare Elektronik	Anwendbar	Anwendbar

Performance Level gemäß EN ISO 13849-1

Diese Norm verwendet zur Bestimmung des erforderlichen Sicherheitsniveaus ebenfalls einen Risikographen. Es werden die gleichen Parameter **S**, **F** und **P** für die Bestimmung der Risikohöhe wie in EN 954-1 verwendet. Im Gegensatz hierzu ist das Ergebnis des Verfahrens ein „erforderlicher Performance Level“ (PLr: required Performance Level).



Der Performance Level ist in fünf diskreten Stufen definiert. Er hängt ab von der Struktur des Steuerungssystems, der Zuverlässigkeit der verwendeten Bauteile, der Fähigkeit, Fehler zu erkennen, sowie der Widerstandsfähigkeit gegen Fehler aufgrund gemeinsamer Ursache in mehrkanaligen Steuerungen. Zusätzlich sind weitere Maßnahmen zur Vermeidung von Designfehlern gefordert.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Sicherheits-Integritätslevel gemäß EN 62061

Das hier verwendete Verfahren ist ein numerisches Verfahren. Es werden das Schadensausmaß, die Häufigkeit/Aufenthaltsdauer im Gefahrbereich und die Möglichkeit zur Vermeidung bewertet. Zusätzlich wird die Eintrittswahrscheinlichkeit des Gefährdungsereignisses berücksichtigt. Das Ergebnis ist ein Sicherheits-Integritätslevel (SIL).

Auswirkungen	**Schadensausmaß S**	**Klasse K = F+ W+ P**				
		3–4	**5–7**	**8–10**	**11–13**	**14–15**
Tod, Verlust von Auge oder Arm	4	SIL2	SIL2	SIL2	SIL3	SIL3
Permanent, Verlust von Fingern	3			SIL1	SIL2	SIL3
Reversibel, medizinische Behandlung	2				SIL1	SIL2
Reversibel, Erste Hilfe	1					SIL1

Häufigkeit[1] des Gefährdungsereignsses F	
F ≥ 1× pro Stunde	5
1× pro Stunde > F ≥ 1× pro Tag	5
1× pro Tag > F ≥ 1× in 2 Wochen	4
1× in 2 Wochen > F ≥ 1× pro Jahr	3
1× pro Jahr > F	2

Eintrittswahrscheinlichkeit des Gefährdungsereignisses W	
Häufig	5
Wahrscheinlich	4
Möglich	3
Selten	2
Vernachlässigbar	1

Möglichkeit zur Vermeidung des Gefährdungsereignisses P	
Unmöglich	5
Möglich	3
Wahrscheinlich	1

1) Gilt für Aufenthalte > 10 min

Die SIL-Festsetzung wird wie folgt vorgenommen:

1. Schadensausmaß S festlegen.
2. Punkte für Häufigkeit F, Wahrscheinlichkeit W und Vermeidung P bestimmen.
3. Klasse K aus der Summe F + W + P berechnen.
4. Geforderter SIL ist der Schnittpunkt aus Zeile. „Schadensausmaß S“ und Spalte „Klasse K“.

Der SIL ist in drei diskreten Stufen definiert. Er hängt ab von der Struktur des Steuerungssystems, der Zuverlässigkeit der verwendeten Bauteile, der Fähigkeit, Fehler zu erkennen, sowie der Widerstandsfähigkeit gegen Fehler aufgrund gemeinsamer Ursache in mehrkanaligen Steuerungen. Zusätzlich sind weitere Maßnahmen zur Vermeidung von Designfehlern gefordert.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Zusammenfassung: Bestimmen des erforderlichen Sicherheitsniveaus

Allgemein

- Legen Sie das erforderliche Sicherheitsniveau für jede Sicherheitsfunktion fest.
- Die Parameter „Schwere der möglichen Verletzung“, „Häufigkeit und Dauer der Gefahrexposition“ und „Möglichkeit zur Gefahrvermeidung“ bestimmen das erforderliche Sicherheitsniveau.

Verwendbare Normen

- Die EN ISO 13849-1 verwendet zur Bestimmung des erforderlichen Sicherheitsniveaus, ähnlich wie die Vorgänger-Norm EN 954-1, einen Risikographen. Das Ergebnis des Verfahrens ist ein „erforderlicher Performance Level“ (PLr).
- Die EN ISO 13849-1 ist auch für Hydraulik, Pneumatik und Mechanik anwendbar.
- Die EN 62061 verwendet ein numerisches Verfahren. Das Ergebnis ist ein Sicherheits-Integritätslevel (SIL).

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Schritt 3c: Entwerfen der Sicherheitsfunktion

Die Schritte 3c und 3d beschreiben Entwurf und Verifizierung der Sicherheitsfunktionen durch Auswahl der richtigen Technologie, der geeigneten Schutzeinrichtungen und Komponenten. Diese Schritte sind in einem iterativen Prozess unter Umständen mehrmals zu durchlaufen.

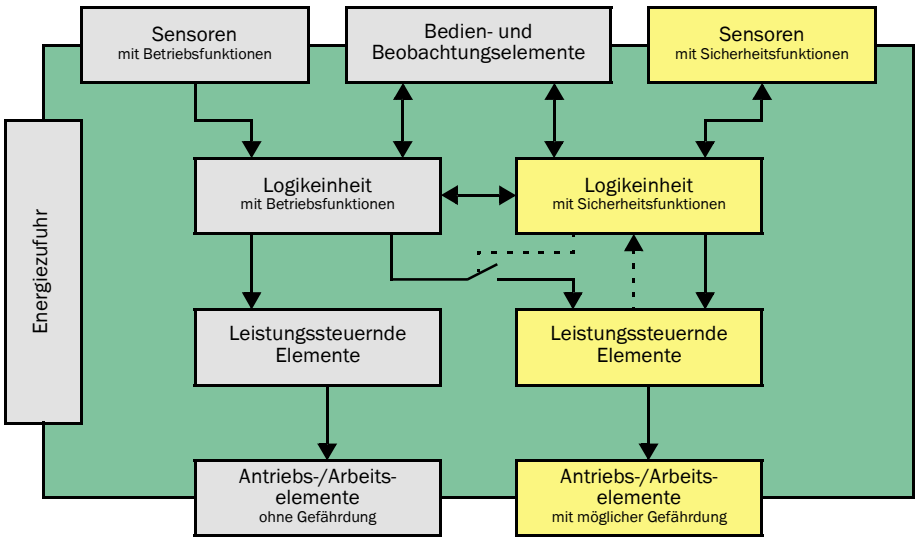
Hierbei ist immer wieder zu überprüfen, ob die Auswahl der Technologie genügend Sicherheit verspricht und auch technisch zu realisieren ist oder ob durch den Einsatz einer bestimmten Technologie andere oder zusätzliche Risiken entstehen.

Erstellen des Sicherheitskonzepts

Eine Maschine oder Anlage besteht aus verschiedenen Komponenten, die zusammenwirken und die Funktion einer Maschine oder Anlage sicherstellen. Hierbei sind Komponenten, die reine Betriebsaufgaben übernehmen, zu unterscheiden von solchen, die sicherheitstechnische Funktionen übernehmen.

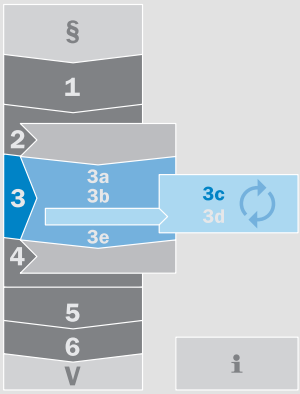
→ Details zum Sicherheitskonzept: BGIA-Report 2/2008 „Funktionale Sicherheit von Maschinensteuerungen“

Funktionaler Aufbau einer Maschinensteuerung



Entsprechend der Sicherheitsfunktionen und des erforderlichen Sicherheitsniveaus sind die sicherheitsbezogenen Teile von Steuerungen auszuwählen, wie z.B. Sensoren, Logikeinheiten, leistungssteuernde Elemente sowie Antriebs- und Arbeitselemente. Diese Auswahl wird in der Regel in der Form eines Sicherheitskonzepts ausgeführt.

Eine Sicherheitsfunktion kann durch eine oder mehrere sicherheitsbezogene Komponente(n) realisiert sein. Mehrere Sicherheitsfunktionen können sich eine oder mehrere Komponenten teilen.



3 c

In diesem Kapitel ...	Seite
→ Erstellen des Sicherheitskonzepts	3-11
→ Auswählen der Schutzeinrichtungen	3-16
→ Positionieren/ dimensionieren der Schutzeinrichtungen	3-29
→ Integrieren in die Steuerung	3-40
→ Fluidtechnische Steuerungen	3-46
→ Produktauswahl	3-47
→ Zusammenfassung	3-48

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Entscheidungsmerkmale

Folgende Merkmale sind bei der Erstellung des Sicherheitskonzepts zu berücksichtigen:

- Merkmale der Maschine
- Merkmale der Umgebung
- Menschliche Eigenschaften
- Merkmale des Designs
- Merkmale von Schutzeinrichtungen (➜ 3-15)

Abhängig von diesen Merkmalen muss festgelegt werden, welche Schutzeinrichtungen wie zu integrieren sind.

Merkmale der Maschine

Folgende Merkmale der Maschine sollten berücksichtigt werden:

- Fähigkeit, die Gefahr bringende Bewegung zu jedem Zeitpunkt zu stoppen (wenn nicht möglich, trennende oder abweisende Schutzeinrichtungen anwenden)
- Fähigkeit, die Gefahr bringende Bewegung ohne zusätzliche Gefährdungen anzuhalten (wenn nicht möglich, andere Konstruktion/Schutzeinrichtung wählen)
- Möglichkeit der Gefährdung durch herausgeschleuderten Teile (wenn ja, trennende Schutzeinrichtungen verwenden)
- Anhaltezeiten (Die Kenntnis der Anhaltezeiten ist erforderlich, um die Wirkung der Schutzeinrichtung sicherzustellen.)
- Möglichkeit der Überwachung von Anhaltezeit/Nachlaufweg (dies ist erforderlich, wenn durch Alterung/Verschleiss Veränderungen auftreten können)

Merkmale der Umgebung

Folgende Merkmale der Umgebung sollten berücksichtigt werden:

- elektromagnetische Störungen/Störstrahlung
- Vibration/Schock
- Fremdlicht/Störlicht von Sensoren/Schweißfunken/ spiegelnde Flächen
- Verschmutzung (Nebel, Späne)
- Temperaturbereich
- Feuchtigkeit/Witterung

Menschliche Eigenschaften

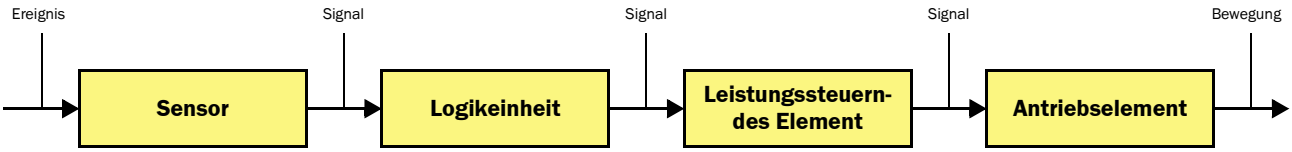
Folgende menschliche Eigenschaften sollten berücksichtigt werden:

- voraussichtliche Qualifikation des Bedieners der Maschine
- voraussichtlicher Personenverkehr
- Annäherungsgeschwindigkeit (K)
- Möglichkeiten des Umgehens der Schutzeinrichtungen
- vorhersehbare Fehlanwendung

Merkmale des Designs

Grundsätzlich ist es ratsam, Sicherheitsfunktionen mit zertifizierten Sicherheitskomponenten zu realisieren. Hierdurch werden der Designprozess und die nachfolgende Verifizierung vereinfacht. Eine Sicherheitsfunktion wird durch mehrere Teilsysteme ausgeführt.

Häufig ist es nicht möglich, ein Teilsystem nur mit zertifizierten Komponenten zu realisieren, welche das Sicherheitsniveau (PL/ SIL) bereits angeben. Vielmehr muss es dann aus mehreren diskreten Elementen zusammengesetzt werden. In diesem Fall ist das Sicherheitsniveau abhängig von verschiedenen Kenngrößen.

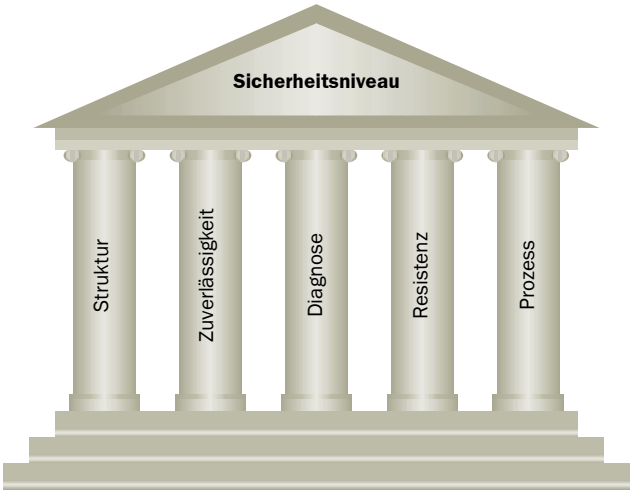


© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Sicherheitstechnische Kenngrößen für Teilsysteme

Das Sicherheitsniveau eines Teilsystem ist abhängig von verschiedenen sicherheitstechnischen Kenngrößen, wie:

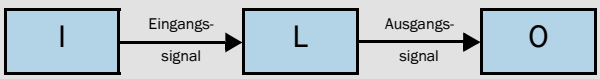
- Struktur
- Zuverlässigkeit der Komponenten/Geräte
- Diagnose zur Fehleraufdeckung
- Resistenz gegen Fehler aufgrund gemeinsamer Ursachen
- Prozess



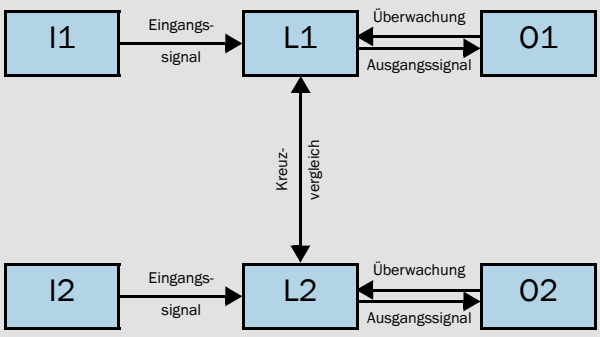
Struktur

Um die Fehleranfälligkeit einer Sicherheitskomponente durch eine bessere Struktur zu erhöhen, können die sicherheitstechnischen Funktionen von mehreren Kanälen parallel ausgeführt werden. Im Bereich der Maschinensicherheit sind zweikanalige Sicherheitskomponenten üblich (siehe nachfolgende Abbildung). Jeder Kanal kann den Gefahr bringenden Zustand stoppen. Die zwei Kanäle können auch diversitär aufgebaut sein (eine Kanal wird durch elektromechanische Komponenten abgebildet, der anderer durch reine Elektronik). Anstelle eines zweiten gleichwertigen Kanals kann dieser auch eine reine Überwachungsfunktionen haben.

Einkanalige Sicherheitskomponente



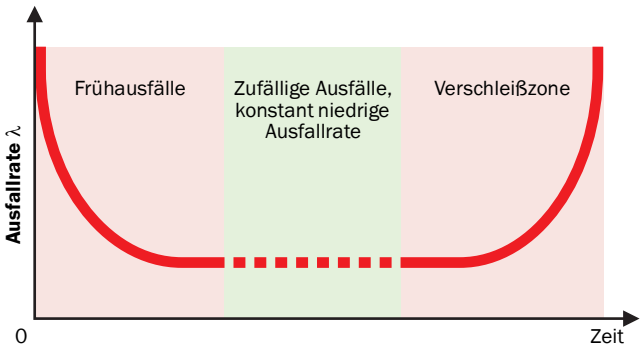
Zweikanalige Sicherheitskomponente



Zuverlässigkeit der Komponenten/Geräte

Jeder Ausfall einer Sicherheitskomponente führt zu einer Störung des Produktionsablaufs. Daher ist es wichtig, zuverlässige Komponenten einzusetzen. Mit steigender Zuverlässigkeit ist auch ein Gefahr bringender Ausfall unwahrscheinlicher. Zuverlässigkeitsangaben sind ein Maß für zufällige Ausfälle innerhalb der Lebensdauer und werden üblicherweise wie folgt angegeben:

- Für elektromechanische oder pneumatische Komponenten: **B_{10}-Werte**. Hier hängt die Lebensdauer von der Schalthäufigkeit ab. B_{10} gibt die Anzahl der Schaltzyklen an, nach der 10 % der Komponenten ausgefallen sind.
- Für elektronische Komponenten: **Ausfallrate** λ (Lambdawert). Oft wird die Ausfallrate in FIT (Failures In Time) angegeben. Ein FIT ist dabei ein Ausfall je 10^9 Stunden.



Diagnose zur Fehleraufdeckung

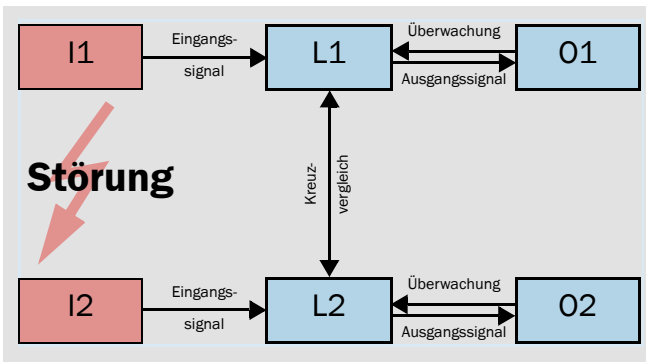
Bestimmte Fehler können durch Diagnosemaßnahmen aufgedeckt werden. Hierzu zählen die gegenseitige Überwachung, Strom- und Spannungsüberwachung, Watchdog-Funktionalitäten, kurzzeitiger Funktionstest usw.

Nicht alle Fehler lassen sich aufdecken, daher ist das Maß der Fehleraufdeckung zu bestimmen. Hierzu kann eine Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA = Failure Mode Effects Analysis) durchgeführt werden. Für komplexe Designs helfen Maßnahmen und Erfahrungswerte aus Normen.

Resistenz gegen Fehler aufgrund gemeinsamer Ursachen

Von Fehlern aufgrund gemeinsamer Ursache spricht man, wenn zum Beispiel durch eine Störbeeinflussung beide Kanäle gleichzeitig ausfallen.

Hier sind entsprechende Maßnahmen zu treffen, z. B. getrennte Leitungsführung, Schutzbeschaltungen, Diversität von Bauteilen usw.



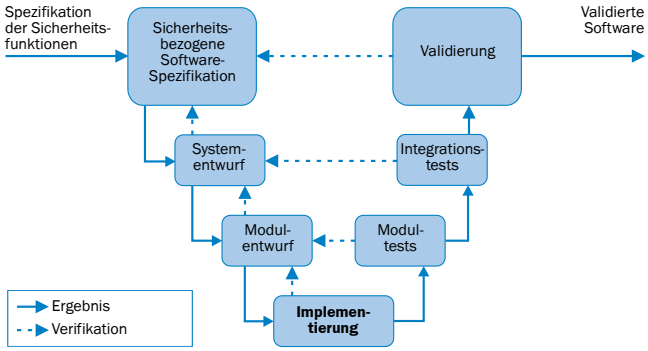
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Prozess

Der Prozess fasst folgende beeinflussende Elemente zusammen:

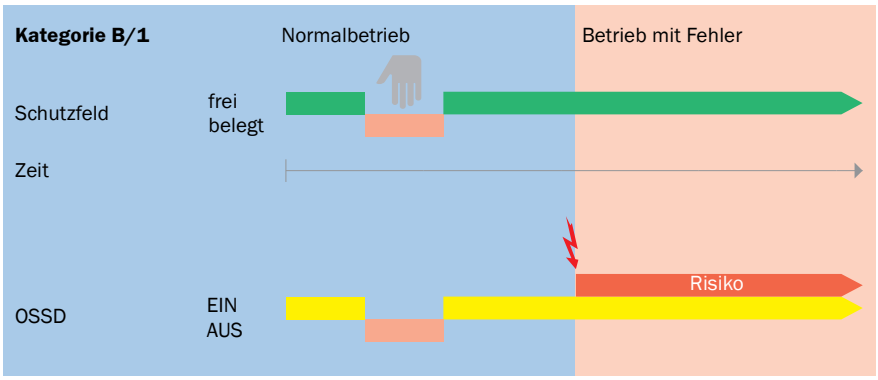
- Organisation und Kompetenz
- Designregeln (z. B. Spezifikationsvorlagen, Kodierungsrichtlinien)
- Prüfkonzept und Prüfkriterien
- Dokumentation und Konfigurationsmanagement

Im Bereich der Sicherheitstechnik hat sich insbesondere für das Software-Design ein Prozess nach dem V-Modell bewährt (siehe Abbildung).



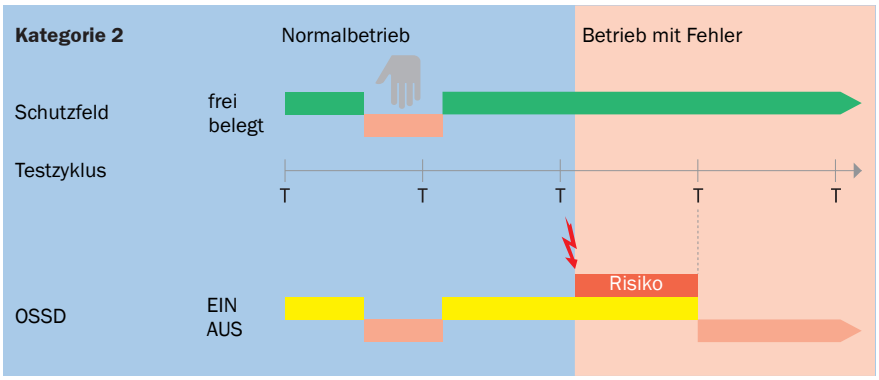
Betrachtung gemäß EN 954-1

In der EN 954-1 werden die sicherheitstechnischen Kenngrößen mit Hilfe der Kategorien bestimmt. Dieses grundlegende Prinzip bleibt auch bei der Nachfolgenorm EN ISO 13849-1 erhalten.



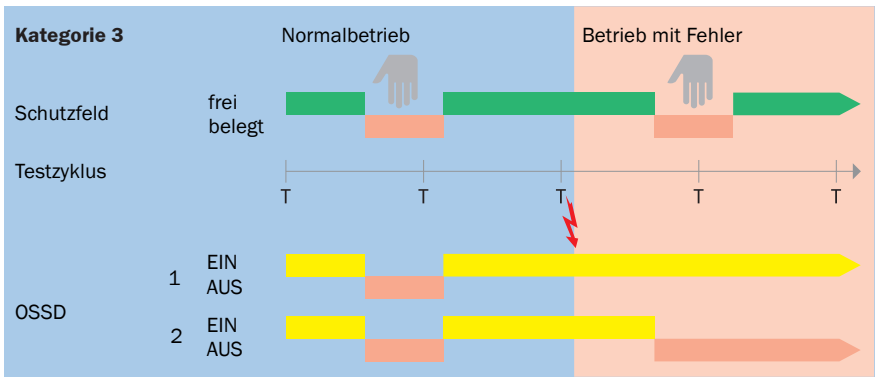
Kategorie B/Kategorie 1

Keine Fehleraufdeckung. Ein Fehlerfall führt zu einem Risiko.
Mit zuverlässigen und bewährten Komponenten (Kategorie 1) kann das Risiko minimiert werden.



Kategorie 2

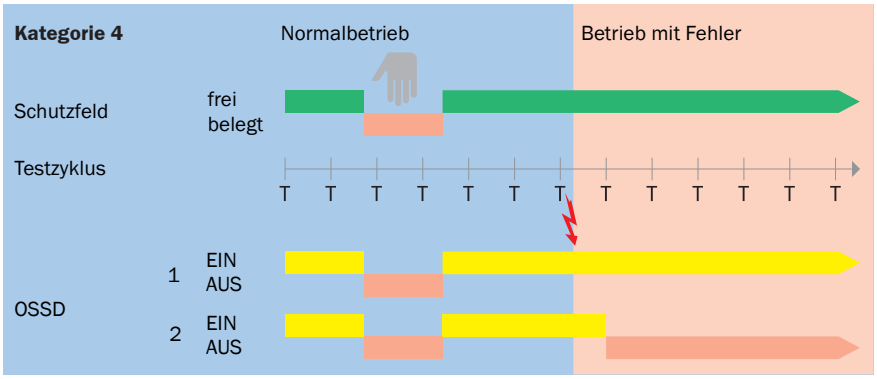
Die Fehlererkennung erfolgt durch einen Test. Im Zeitraum zwischen Fehlerfall und dem nächsten Test besteht ein Risiko.



Kategorie 3

Im Falle eines Fehlers bleibt die Sicherheitsfunktion erhalten.
Der Fehler wird entweder aufgedeckt, wenn die Sicherheitsfunktion ausgeführt wird, oder durch den nächsten Test. Eine Anhäufung von Fehlern führt zum Risiko.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.



Kategorie 4

Trotz eines Fehlers bleibt die Sicherheitsfunktion erhalten.

Im Gegensatz zu Kategorie 3 dürfen Folgefehler bei Nichtaufdecken des Erstfehlers nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.

Merkmale von Schutzeinrichtungen

Zu berücksichtigende Merkmale einer Schutzeinrichtung sind:

- Eigenschaften und Anwendungen der Schutzeinrichtungen (berührungslos wirkend, trennend etc., ➜ 3-16)
- Position/Dimension der Schutzeinrichtungen (➜ 3-29)
- Integration in die Steuerung (➜ 3-40)

Die folgenden Abschnitte beschreiben diese Punkte im Detail.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Auswählen der Schutzeinrichtungen

Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS)

Die verbreitetsten berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen sind optoelektronische Einrichtungen, wie z. B.:

- Lichtvorhänge und Lichtschranken (auch AOPD genannt – active opto electronic device)
- Laserscanner (auch AOPDDR genannt – active opto electronic device responsive to diffuse reflection)
- Kameras

Warum optoelektronische Schutzeinrichtungen?

Wenn ein Bediener in eine Maschine eingreifen muss und daher einer Gefahr ausgesetzt ist, ist es ratsam, eine optoelektronische Schutzeinrichtung anstelle von mechanischen Schutzeinrichtungen (feste Schutzeinrichtung, Zweihandeinrichtung, Schutzwände etc.) einzusetzen. Dies reduziert die Zugriffszeit (der Bediener muss nicht auf das Öffnen der Schutzeinrichtung warten), erhöht die Produktivität (Zeitersparnis beim Beschicken der Maschine) und verbessert die Ergonomie des Arbeitsplatzes. Darüber hinaus werden Bediener und Dritte gleichermaßen geschützt.

Eine optoelektronische Schutzeinrichtung kann verwendet werden, wenn der Bediener keinerlei Gefahr der Verletzung durch herausgeschleuderte Materialteile ausgesetzt ist (z. B. durch Spritzer geschmolzenen Materials).

Auswahl einer geeigneten BWS

Kriterien können sein:

- Vorgaben aus harmonisierten Normen, insbesondere C-Normen
- der zur Verfügung stehende Platz vor dem Gefahrbereich
- ergonomische Kriterien, z. B. zyklische Einlegearbeiten
- Auflösungsvermögen

Welche Sicherheitsfunktion soll die BWS erfüllen?

- Stopp auslösen (➜ 3-3)
- Unerwarteten Anlauf vermeiden (➜ 3-3)
- Start verhindern (➜ 3-4)
- Kombination Stopp auslösen und Start verhindern (➜ 3-4)
- Mensch/Material unterscheiden (➜ 3-4)
- Maschinenparameter überwachen (➜ 3-5)
- Sicherheitsrelevante Anzeigen und Alarme (➜ 3-5)
- Weitere Funktionen, z. B. Taktbetrieb, Ausblendung, Schutzfeldumschaltung etc. (➜ 3-6)

Sicherheitsniveau

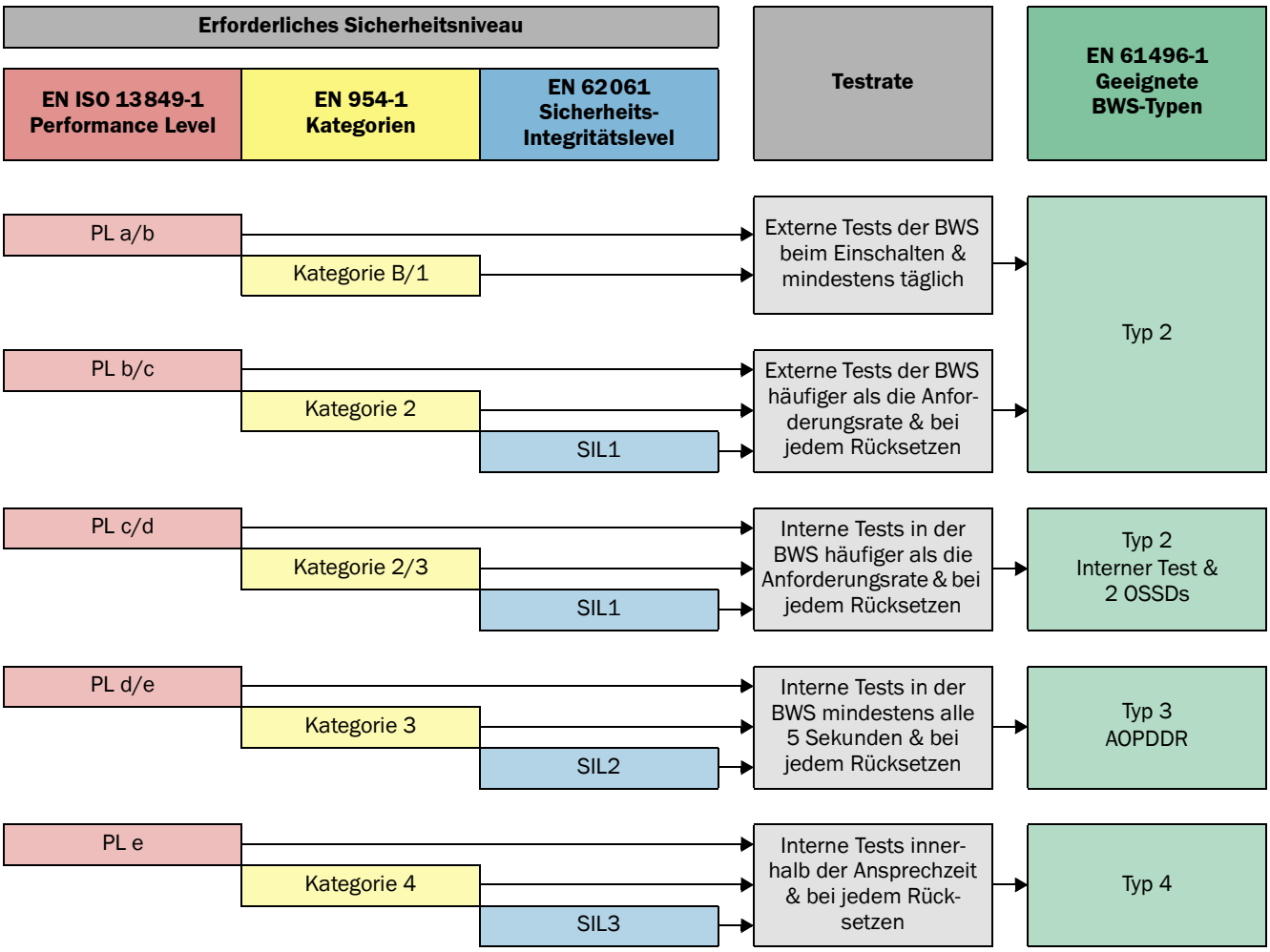
Die sicherheitstechnischen Kenngrößen sind für BWS in der Typ-Klassifizierung (Typ 2, Typ 3, Typ 4) umgesetzt.
Neben strukturellen Aspekten, ähnlich den bekannten Kategorien gemäß EN 954, sind in der Typ-Klassifizierung auch einzuhaltende Anforderungen hinsichtlich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV), der Umweltbedingungen und des optischen Systems definiert. Hierzu zählt insbesondere das Verhalten gegenüber Störquellen (Sonne, Lampen, Geräte gleicher Bauart etc.) und auch der Öffnungswinkel der Optiken bei Sicherheits-Lichtvorhängen oder Sicherheits-Lichtschranken (die Anforderungen an eine Typ-4-AOPD sind höher als an eine Typ-2-AOPD).

Der Öffnungswinkel ist entscheidend, um den Mindestabstand gegenüber reflektierenden Flächen zu ermitteln.

➜ Anforderungen an BWS: EN 61496-1, CLC/TS 61496-2, CLC/TS 61496-3

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Auswahl geeigneter BWS-Typen in Abhängigkeit vom erforderlichen Sicherheitsniveau



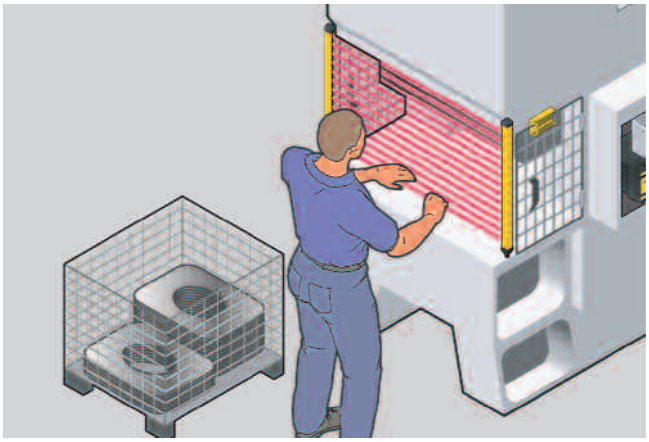
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Was soll von der BWS detektiert werden?

Gefahrstellenabsicherung: Finger- oder Handerkennung

Bei der Gefahrstellenabsicherung wird die Annäherung sehr nahe an der Gefahrstelle detektiert.

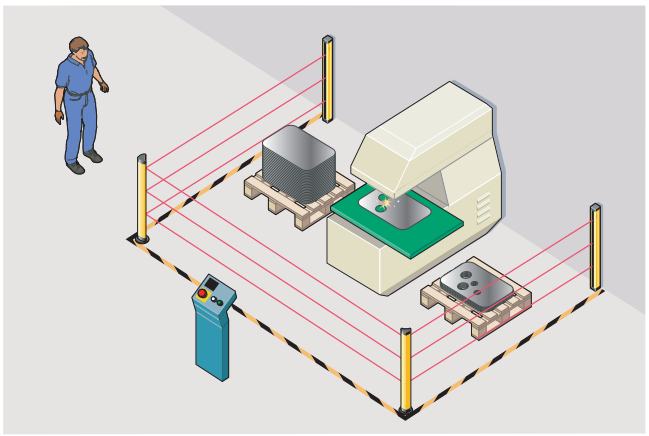
Diese Art der Schutzeinrichtung ist vorteilhaft, weil ein kurzer Sicherheitsabstand möglich ist und der Bediener ergonomischer arbeiten kann (z. B. bei Einlegearbeiten an einer Presse).



Zugangsabsicherung: Erkennen einer Person beim Zugang zum Gefahrbereich

Bei der Zugangsabsicherung wird die Annäherung einer Person durch Detektion des Körpers erreicht.

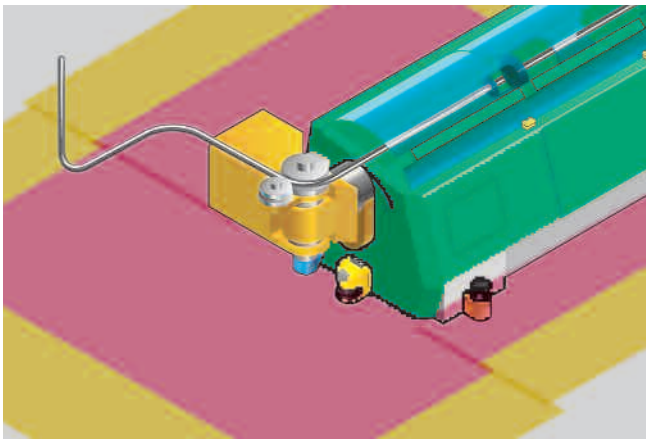
Diese Art der Schutzeinrichtung dient der Absicherung des Zugangs zu einem Gefahrbereich. Bei Eintreten in den Gefahrbereich wird ein Stopp-Signal ausgelöst. Eine Person, die die Schutzeinrichtung hintertreten hat, wird von der BWS nicht erkannt!



Gefahrbereichsabsicherung: Erkennen der Anwesenheit einer Person im Gefahrbereich

Bei der Gefahrbereichsabsicherung wird die Annäherung der Person durch dessen Detektion innerhalb eines Bereichs erreicht.

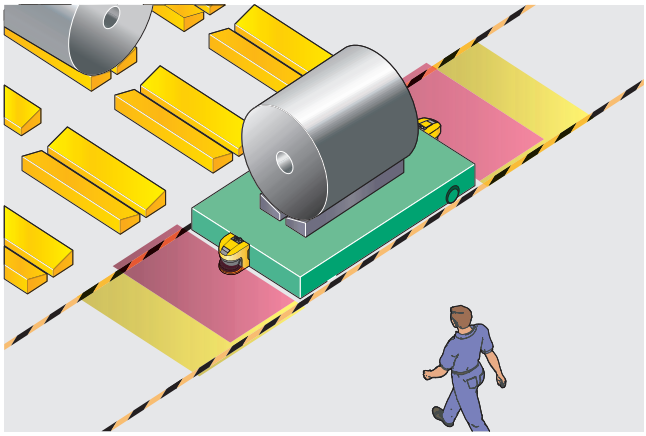
Diese Art der Schutzeinrichtung ist für Maschinen geeignet, bei denen z. B. ein Gefahrbereich von der Rücksetztaste aus nicht vollständig eingesehen werden kann. Beim Eintreten in den Gefahrbereich wird ein Stopp-Signal ausgelöst und ein Start verhindert.



© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Mobile Gefahrbereichsabsicherung: Erkennen der Annäherung einer Person an den Gefahrbereich

Die Gefahrbereichsabsicherung eignet sich für FTS (fahrerlose Transportsysteme), Kräne und Stapler, um den Bediener und/oder Dritte während der Bewegung der Fahrzeuge oder beim Andocken der Fahrzeuge an eine feste Station zu schützen.

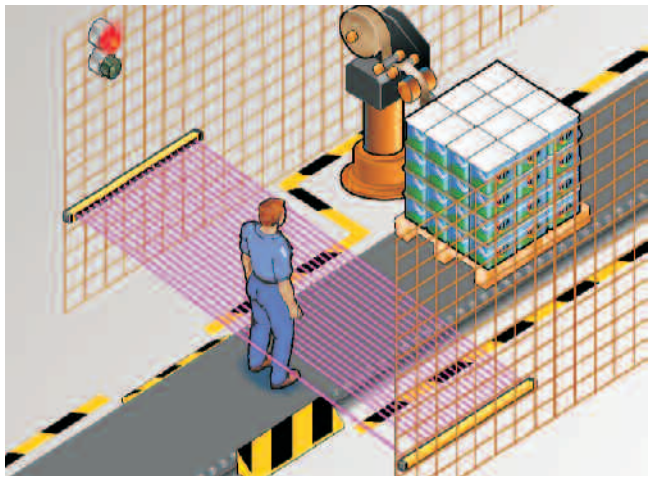


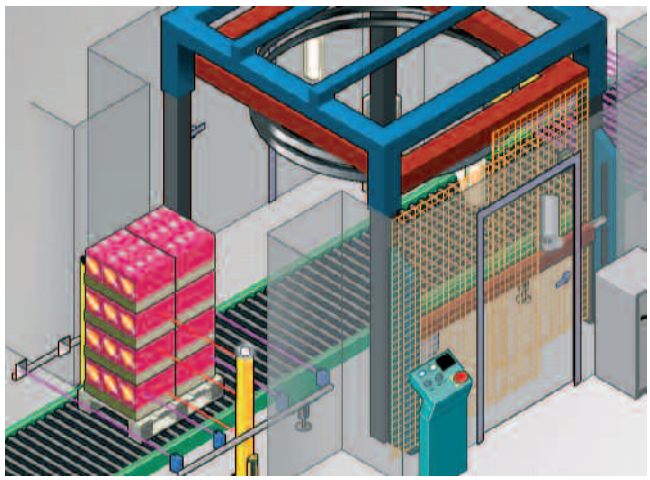
Mögliche Zusatzfunktion: Mensch/Material unterscheiden

Ein spezieller Anwendungsfall einer BWS ist die Sicherheitsfunktion zur Mensch-Material-Unterscheidung. Diese Sicherheitsfunktion ist sinnvoll an Maschinen, an denen alle Arbeiten an der palettierten Ladung automatisiert, d.h. nur maschinell, ausgeführt werden (z.B. Verpackungsmaschinen, Palettierer und Entpalettierer).

Zwei Arten der Ausführung sind möglich:

- **Mit integriertem Auswertealgorithmus:**
  Moderne Sensoren können durch spezielle Auswertealgorithmen zwischen Mensch und Material unterscheiden. Hier ist keine weitere Sensorik notwendig, und es entfallen aufwändige Installations- und Wartungsarbeiten.
- **Durch Muting:**
  Beim Muting müssen Schutzeinrichtungen zeitlich überbrückt werden. Hier ist es notwendig, die BWS für den Zeitraum zu überbrücken, in dem die Palette durchfährt. Das Muting-System muss deshalb zwischen Mensch und Material unterscheiden können. Verschiedene Normen für diese Sicherheitsfunktion sagen zusammengefasst aus, dass ...
  - während des Muting ein sicherer Zustand durch andere Mittel sichergestellt sein muss, d.h. ein Zugang zum Gefahrbereich darf nicht möglich sein.
  - Muting automatisch erfolgen muss.
  - Muting nicht von einem einzigen elektrischen Signal abhängen darf.
  - Muting nicht vollständig von Softwaresignalen abhängen darf.
  - die Muting-Signale, wenn sie im Verlauf einer ungültigen Kombination auftreten, keinen Muting-Zustand erlauben dürfen bzw. sicherstellen, dass die Schutzfunktion erhalten bleibt.
  - der Muting-Zustand sofort nach dem Durchfahren aufgehoben und somit die Schutzeinrichtung wieder wirksam wird.
  - Muting nur in der Zeitspanne des Arbeitszyklus aktiviert werden darf, wenn die geladene Palette den Zugang zum Gefahrbereich versperrt.



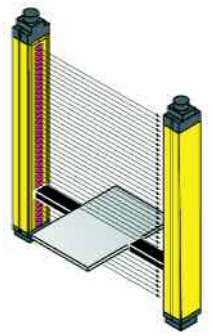


→ Anforderungen an Verpackungsmaschinen: EN 415-4
→ Praktische Anwendung von BWS: CLC/TS 62046

3 c

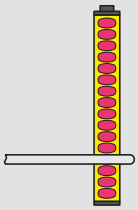
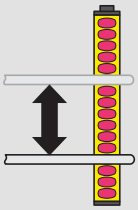
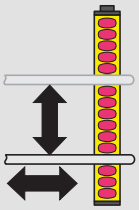
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Mögliche Zusatzfunktion: Ausblendung



Mit dieser Funktion können Gegenstände, die sich prozessbedingt im Schutzfeld der BWS befinden, ausgeblendet werden, damit kein Ausschaltvorgang ausgelöst wird.

Ein ausgeblendeter Bereich ist prinzipiell ein Loch im Schutzfeld. Berücksichtigen Sie dies bei der Berechnung des Sicherheitsabstandes.

Feste Ausblendung	Bewegliche Ausblendung	
	mit Objekt	mit oder ohne Objekt
		

Mögliche Zusatzfunktion: Taktbetrieb

Diese Betriebsart ist vorteilhaft, wenn Teile zyklisch von Hand eingelegt bzw. entnommen werden. In diesem Modus wird der Maschinenzyklus jeweils mit Freiwerden des Schutzfeldes nach einmaligem bzw. zweimaligem Unterbrechen automatisch wieder eingeleitet.

Unter folgenden Bedingungen ist ein Rückstellen der BWS erforderlich:

- beim Maschinenstart
- beim Wiederanlauf, wenn die BWS innerhalb einer Gefahr bringenden Bewegung unterbrochen wird
- wenn innerhalb der vorgegebenen Taktzeit kein Takt ausgelöst wurde

Es ist nötig zu überprüfen, dass während des Arbeitsprozesses keine Gefährdung für den Bediener entstehen kann. Dies begrenzt die Verwendung dieser Betriebsart auf kleine Maschinen, bei denen der Gefahrbereich nicht begehbar und Hintertretschutz vorhanden ist. Alle anderen Seiten der Maschine müssen ebenfalls durch geeignete Maßnahmen abgesichert werden.

Für Taktbetrieb muss die Auflösung der BWS feiner oder gleich 30 mm sein (Finger- oder Handerkennung).

→ Hubauslösung: B-Normen EN 999, EN 61496-1
→ Taktbetrieb an Pressen: C-Normen EN 692, EN 693

Trennende Schutzeinrichtungen

Trennende Schutzeinrichtungen sind mechanische Schutzeinrichtungen, die ein direktes Erreichen der Gefahrstellen mit den Körperteilen verhindern oder vermeiden. Sie können fest oder beweglich ausgeführt sein. Trennende Schutzeinrichtungen sind Abdeckungen, Zäune, Barrieren, Klappen, Schutztüren etc.

Abdeckungen und Verdecke verhindern den Zugriff von allen Seiten. Schutzgitter werden in der Regel verwendet, um den Ganzkörperzugang zu verhindern. Im Gegensatz dazu können Absperrungen lediglich den ungewollten/unbewussten Zugang zu Gefahrstellen vermeiden.

Die Sicherheitsfunktion ist wesentlich für die Ausgestaltung trennender Schutzeinrichtungen. Muss die trennende Schutzeinrichtung z. B. nur den Zugang verhindern, und/oder auch Teile/Stoffe und Strahlungen zurückhalten?

Beispiele von herausgeschleuderten Stoffen:

- brechende/berstende Werkzeuge (Schleifscheiben, Bohrer)
- auftretende Stoffe (Staub, Späne, Splitter, Partikeln)
- austretende Stoffe (Hydrauliköl, Druckluft, Schmiermittel, Werkstoffe)
- geschleuderte Teile nach dem Versagen eines Greif- oder Handhabungssystems

Beispiele von auftretenden Strahlungen:

- Wärmestrahlung des Prozesses oder der Produkte (heiße Oberflächen)
- optische Strahlungen von Laserlicht, IR- oder UV-Quellen
- Teilchen- oder Ionenstrahlung
- starke elektromagnetische Felder, Hochfrequenzeinrichtungen
- Hochspannung von Prüfsystemen oder Systemen zur Ableitung elektrostatischer Aufladungen (Papier und Kunststoffbahnen)

Um Strahlung oder Stoffe zurückzuhalten, müssen die mechanischen Anforderungen an die trennende Schutzeinrichtungen in der Regel höher sein als bei trennenden Schutzeinrichtungen zur Vermeidung des Zugangs von Personen.

Die Beschädigung (Bruch oder Deformation) einer trennenden Schutzeinrichtung wird in Fällen erlaubt, in denen die Risikobeurteilung ergibt, dass dadurch keine weiteren Gefährdungen auftreten.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Grundanforderungen an trennende Schutzeinrichtungen

- Damit Schutzeinrichtungen den zu erwartenden betriebsmäßigen Beanspruchungen der Umgebung standhalten, müssen sie ausreichend fest und haltbar ausgelegt sein. Die Eigenschaften von trennenden Schutzeinrichtungen müssen während der gesamten Nutzungsdauer der Maschinen beibehalten werden.
- Sie dürfen keine zusätzlichen Gefahren verursachen.
- Sie dürfen nicht auf einfache Weise umgangen oder unwirksam gemacht werden können.
- Sie dürfen die Beobachtung des Arbeitsablaufs nicht mehr als notwendig einschränken, sofern eine Beobachtung erforderlich ist.
- Sie müssen fest an ihrem Platz gehalten werden.
- Sie müssen entweder durch Systeme gehalten werden, die nur mit Werkzeugen geöffnet werden können, oder sie müssen mit der Gefahr bringenden Bewegung verriegelt sein.
- Soweit möglich, dürfen sie nach Lösen der Befestigungsmittel nicht in Schutzstellung bleiben.

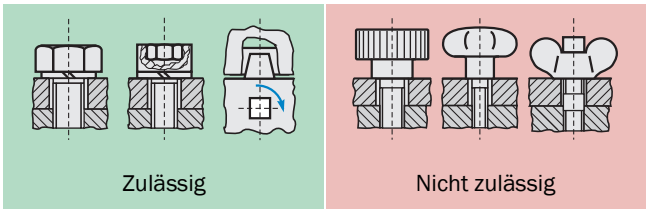
→ Trennende Schutzeinrichtungen: EN 953 (B-Norm)
→ Leitsätze zur sicheren Maschinengestaltung: EN ISO 12100 (A-Norm)

Befestigung von trennenden Schutzeinrichtungen

Schutzeinrichtungen, die nicht häufig oder nur für Instandhaltungsarbeiten abgenommen oder geöffnet werden, müssen grundsätzlich so mit dem Maschinengestell verbunden sein, dass sie nur mit Werkzeug (z. B. Schraubenschlüssel, Bartschlüssel) gelöst werden können. Ihr Entfernen muss einen montagemäßigen Vorgang bedeuten, für den Werkzeuge notwendig sind.
Befestigungselemente sollen so gestaltet sein, dass sie nicht verloren gehen können (z. B. unverlierbare Schrauben).

Andere Befestigungsarten, wie Schnellverschlüsse, Schraubengriffe, Rändel- und Flügelschrauben, sind nur zulässig, wenn die trennenden Schutzeinrichtungen verriegelt werden.

Beispiel: Befestigungsarten für trennende Schutzeinrichtungen



Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen

Bewegliche Schutzeinrichtungen, die ohne Werkzeug häufig oder regelmäßig (z. B. für Rüstarbeiten) geöffnet werden, müssen mit der Gefahr bringenden Bewegung funktionell gekoppelt sein (Verriegelung, Zuhaltung). Von „häufigem“ Öffnen spricht man z. B., wenn die Schutzeinrichtung innerhalb einer Arbeitsschicht mindestens einmal geöffnet wird.
Wenn beim Öffnen von Schutzeinrichtungen mit Gefährdungen zu rechnen ist (z. B. sehr langer Nachlauf), dann sind Zuhaltungen erforderlich.

Ergonomische Anforderungen an bewegliche trennende Schutzeinrichtungen

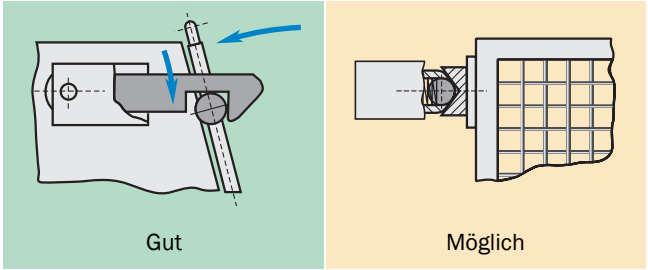
Beim Gestalten der Schutzeinrichtungen sind auch ergonomische Gesichtspunkte von Bedeutung. Nur dann, wenn Schutzeinrichtungen das Rüsten und Instandhalten und ähnliche Tätigkeiten nicht mehr als notwendig erschweren, werden sie von den Beschäftigten akzeptiert. Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen müssen folgende ergonomische Kriterien erfüllen:

- leichtes (z. B. einhändiges) Öffnen und Schließen, Heben oder Verschieben
- funktionsgerechter Handgriff
- Die geöffneten Schutzeinrichtungen sollen den erforderlichen Zugang oder Zugriff bequem ermöglichen.

Mechanische Arretierung von beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen

Soweit durchführbar, müssen bewegliche trennende Schutzeinrichtungen so mit der Maschine verbunden sein, dass sie durch Scharniere, Führungen usw. in geöffneter Stellung sicher gehalten werden können. Formschlüssige Halterungen sollen bevorzugt werden. Reibschlüssige Halterungen (z. B. Kugelkalotten) sind wegen ihrer nachlassenden Wirkung (Verschleiß) nicht zu empfehlen.

Beispiel: Arretierende Schutzeinrichtung



© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Verriegelung von trennenden Schutzeinrichtungen

Trennende Schutzeinrichtungen müssen verriegelt werden, wenn sie:

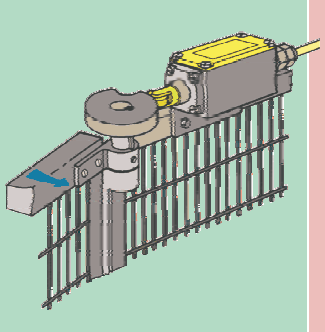
- zyklisch betätigt bzw. regelmäßig geöffnet werden (Türen, Klappen)
- ohne Werkzeug oder leicht entfernbar sind
- gegen ein hohes Gefährdungspotenzial schützen

Verriegeln bedeutet, dass das Öffnen der Schutzeinrichtung in ein elektrisches Signal umgesetzt wird, welches die Gefahr bringende Bewegung zuverlässig beendet. Trennende Schutzeinrichtungen werden üblicherweise mit Sicherheitsschaltern elektrisch verriegelt.

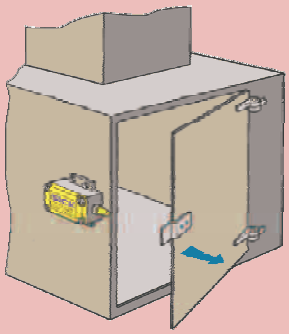
Eine wichtige Anforderung an Verriegelungseinrichtungen ist die Zwangsbetätigung.

Bei der Zwangsbetätigung werden die beweglichen mechanischen Bauteile der Verriegelung (Sicherheitsschalter) zwangsläufig durch die mechanischen Bauteile der trennenden Schutzeinrichtung (z. B. Schutztür) mitbewegt, entweder durch direkten Kontakt oder durch starre Teile.

Beispiel: Zwangsbetätigte Ausführung



Sicher: Das Öffnen der Schutztür bewegt zwangsläufig den mechanischen Stößel des Sicherheitsschalters. Dadurch wird der Sicherheitsstromkreis geöffnet.



Fehlerhafte Konstruktion: Der Sicherheitsschalter wird nicht immer den Sicherheitskreis öffnen, z. B. wenn Verkrustungen oder verharztes Schmieröl den Stößel verkleben.

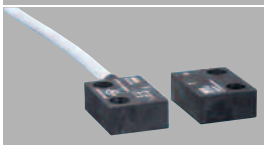
Quelle: BG Feinmechanik und Elektrotechnik, BGI 575

Sicherheitsschalter

Die Verriegelung einer trennenden Schutzeinrichtung durch Sicherheitsschalter sollte folgende Funktionen erfüllen:

- Die Gefahr bringenden Maschinenfunktionen können bei offener (fehlender) Schutzeinrichtung nicht ausgeführt werden (Start verhindern).
- Die Gefahr bringende Maschinenfunktion wird angehalten, wenn die Schutzeinrichtung geöffnet (entfernt) wird (Stopp auslösen).

Ausführungsformen von Sicherheitsschaltern

Ausführungsform		Typische Einsatzgebiete
	Sicherheitsschalter mit separatem Betätiger	■ Vorteilhaft für Schiebe- und Schwenktüren und abnehmbare Verdecke ■ Verriegelung kann mit Zuhaltung ausgeführt werden
	Positionsschalter mit direktem Betätiger	■ Sicherheitsendschalter ■ Absicherung von Schwenktüren und Klappen
	Berührungslos wirkender Sicherheitsschalter	■ Maschinen in rauen Umgebungsbedingungen ■ Anlagen mit hohen Hygieneanforderungen

Prinzip der Zwangsöffnung

Mechanisch wirkende Sicherheitsschalter zeichnen sich dadurch aus, dass sich die Schaltkontakte zwangsweise (nötigenfalls bis hin zur Zerstörung) öffnen und somit die Sicherheitsfunktion auch bei Kontaktverschweißen oder anderen elektrischen Fehlern trotzdem noch ausgeführt werden kann. Bei Sicherheitsschaltern mit Mehrfachkontakten sind die auf dem Prinzip der „Zwangsöffnung“ beruhenden Kontaktelemente für die Ausführung der Sicherheitsfunktion einzubinden.

Kennzeichnung von zwangsöffnenden Kontakten gemäß EN 60947

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Mechanische Anbringung

Eine zuverlässige mechanische Anbringung der Sicherheitsschalter ist entscheidend für deren Wirksamkeit.

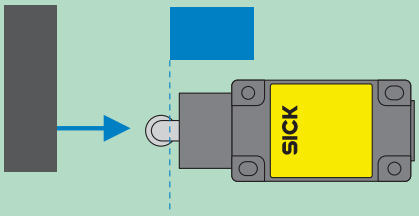
Sicherheitsschalter ...

- müssen so angebracht sein, dass sie vor Schäden durch vorhersehbare äußere Einflüsse geschützt sind.
- dürfen nicht als mechanischer Anschlag verwendet werden.
- müssen durch Anordnung und Ausführung gegen unbeabsichtigtes Betätigen, gegen Lageänderungen und gegen Beschädigung gesichert sein: Eine Sicherung des Schalters und der Steuerkurve ist durch formschlüssige (nicht kraftschlüssige) Befestigung möglich, z. B. mit Rundlöchern, Passstiften, Anschlägen.
- müssen durch die Betätigungsart oder ihre Einbindung in die Steuerung so gesichert sein, dass sie nicht auf einfache Weise umgangen werden können. (Aus diesem Grund müssen die Positionsschalter als Öffner verschaltet sein (Ruhestromprinzip).)
- müssen auf ihre einwandfreie Wirkungsweise überprüfbar und nach Möglichkeit zur Kontrolle leicht zugänglich sein.

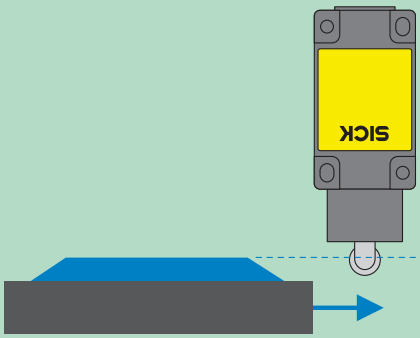
Für Positionsschalter gilt außerdem:

- Der Betätigungshub muss entsprechend dem Zwangsöffnungsweg nach Herstellerangabe eingestellt sein. Der vom Hersteller angegebene Mindeststößelweg muss eingehalten werden, damit die für die Zwangsöffnung erforderliche Schaltstrecke gewährleistet ist.

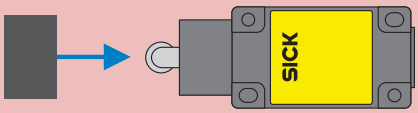
Beispiel: Mechanische Anbringung von Sicherheitsschaltern



Richtige Montage: Der Sicherheitsschalter wird durch einen mechanischen Anschlag geschützt.



Richtige Montage: Die Höhe des Nockens wurde auf den Sicherheitsschalter abgestimmt.



Falsche Montage: Der Sicherheitsschalter wird als Anschlag benutzt.

Manipulationsschutz

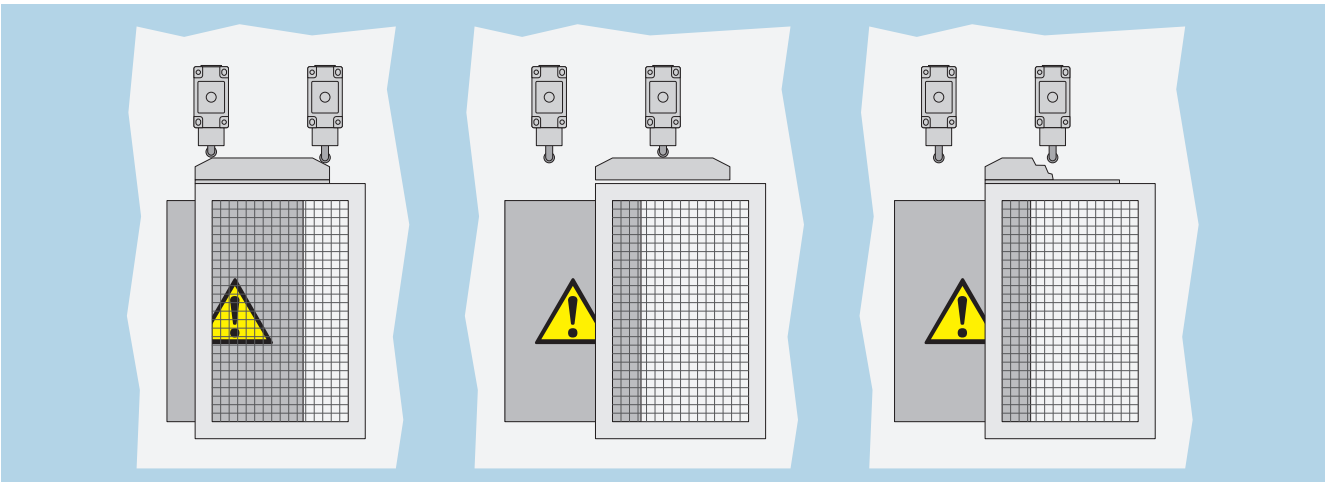
Für alle Sicherheitsschalter gilt: Sie dürfen sich nicht mit einfachen Mitteln manipulieren lassen. Einfache Mittel sind beispielsweise Schrauben, Nadeln, Blechstücke, Münzen, gebogener Draht u. ä.

Redundante Ausführung

Durch Manipulation, mechanische Fehler in der Betätigungs- oder Aufnahmeeinheit (Beispiel: Alterung) oder durch den Einfluss von extremen Umgebungsbedingungen (Beispiel: Mehlverschmutzung verklebt Rollenstößel) kann ein kritischer Ausfall eines einzelnen Sicherheitsschalters möglich sein. Insbesondere bei höheren Sicherheitsniveaus ist es notwendig, neben dem Sicherheitsschalter einen weiteren Schalter, z. B. mit gegenläufiger Funktion, zu nutzen und beide steuerungstechnisch zu überwachen.

Beispiel: Eine Spritzgießmaschine, deren Betriebstüren vor einer großen Gefährdung schützen und dabei zyklisch betätigt werden müssen. Hier ist die Verwendung von mehreren mechanischen Schaltern pro Tür vorgeschrieben.

Beispiel: Erkennung von mechanischen Fehlern durch redundante diversitäre Anordnung



© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Berührungslos wirkende Ausführung

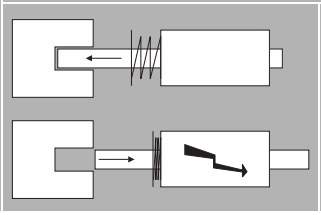
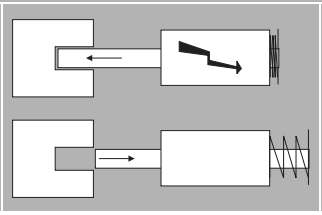
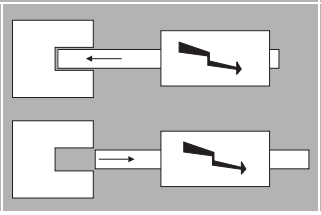
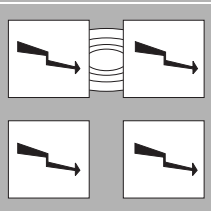
Berührungslos wirkende Sicherheitsschalter sind intern redundant aufgebaut oder mit besonderen Prinzipien ausgeführt, wie Kodierung durch Magnete, induktive Kopplung, Transponder mit Kodierung.

- ➜ Anforderungen Sicherheitsschalter/Verriegelungseinrichtungen: B-Norm – EN 1088
- ➜ Prinzip Zwangsöffnung: B-Norm EN 60947-5-1
- ➜ Kunststoff-/Gummi-Spritzgießmaschine: C-Norm EN 201

Sicherheitszuhaltungen

Die Sicherheitsfunktion „Zutritt zeitweise verhindern“ wird üblicherweise durch Zuhaltungen realisiert. Zuhaltungen sind notwendig bei zu großer Anhaltezeit der Gefahr bringenden Bewegung (Personenschutz) oder wenn ein Prozess nicht unterbrochen werden darf (Prozessschutz).

Sicherheitszuhaltungen sind Einrichtungen, die das Öffnen von trennenden Schutzeinrichtung verhindern. Zusätzlich soll eine Zuhaltungseinrichtung die trennende Schutzeinrichtung so lange zuhalten, bis das Verletzungsrisiko nicht mehr besteht. Typischerweise unterscheidet man folgende Varianten:

	Form			Kraft
Prinzip				
Funktionsweise	Federkraftbetätigt und durch Energie entsperrt	Energiebetätigt und durch Federkraft entsperrt	Energiebetätigt und durch Energie entsperrt	Energiebetätigt und durch Energie entsperrt
Benennung	Mechanische Zuhaltung (für Personenschutz bevorzugt)	Elektrische Zuhaltung (für Prozessschutz bevorzugt)	Pneumatische/hydraulische Zuhaltung	Magnetische Zuhaltung

Die Entsperrung der Zuhaltung durch Energie kann wie folgt durchgeführt werden:

- Zeitgesteuert: Bei Verwendung eines Zeitschalters darf ein Ausfall dieser Einrichtung die Verzögerungszeit nicht vermindern.
- Automatisch: Nur, wenn kein Gefahr bringender Maschinenzustand besteht (z. B. durch Stillstandswächter).
- Manuell: Die Zeit zwischen Entsperrung und Freigabe der Schutzeinrichtung muss größer als die Anhaltezeit des Gefahr bringenden Maschinenzustandes sein.

Mechanische und elektrische Integration

Für die Zuhaltungseinrichtungen gelten in der Regel die gleichen Hinweise wie für die Sicherheitsschalter.

Bezüglich dem Prinzip der Zwangsöffnung ist darauf zu achten, welche Kontakte zwangsöffnend ausgeführt sind. Türmeldekontakte signalisieren, wenn der Betätiger gezogen wurde, die Tür also offen ist. Diese können, müssen aber nicht immer zwangsöffnend sein.

Ein wesentliches Kriterium für die Auswahl der Zuhaltung ist die Kraft, mit der die trennende Schutzeinrichtung zugehalten werden muss.

Hilfs- und Not-Entsperrung

Die Risikobeurteilung kann ergeben, dass im Fehlerfall oder im Notfall Maßnahmen zum Befreien von eingeschlossenen Personen aus dem Gefahrbereich nötig sind. Zu unterscheiden sind Konzepte zur Hilfsentsperrung (mit Werkzeug) und zur Not- bzw. Fluchtentsperrung (ohne Werkzeug).

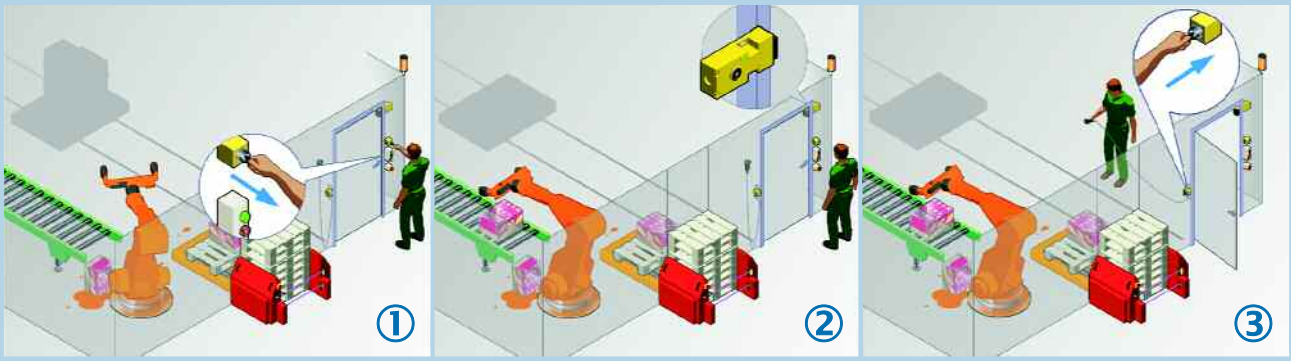
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Schlüsseltransfersysteme

Trennende Schutzeinrichtungen haben den Nachteil, dass bei Eintritt in den Gefahrbereich und nachfolgendem Schließen der Schutztür ein Wiederanlauf nicht wirksam verhindert werden kann. Zusätzliche Maßnahmen sind notwendig, wie eine Rücksetzeinrichtung oder das Einhängen von Karabinerhaken in den Betätiger des Sicherheitsschalters. Diese organisatorischen Maßnahmen sind aber abhängig von der Aufmerksamkeit des Anwenders.

Eine Möglichkeit, einen Start zwangsläufig zu verhindern, bieten Schlüsseltransfersysteme in Kombination mit Zuhaltungen. Ein gesteckter Schlüssel im Außenbereich ermöglicht den Automatikbetrieb und hält die Tür zu. Beim Ziehen des Schlüssels (Abbildung ①) wird der Gefahr bringende Zustand beendet. Im sicheren Zustand (z. B. bei Stillstand) kann die Tür geöffnet werden (Abbildung ②). Im Innenbereich kann ein aufgesteckter Schlüssel Einrichtbetriebsarten ermöglichen (Abbildung ③). Der Automatikbetrieb wird solange blockiert.

Beispiel: Schlüsseltransfersystem



Ortsbindende Schutzeinrichtungen

Ortsbindende Schutzeinrichtungen sind nicht-trennende Schutzeinrichtungen, die eine Person oder deren Körperteile an einen Ort außerhalb des Gefahrbereichs binden.

Eine vollständige und gute Übersicht über ortsbindende Schutzeinrichtungen findet man in:
➜ Alfred Neudörfer, Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte, Springer Verlag, Berlin u.a., ISBN 978-3-540-21218-8 (3. Auflage 2005)

Zweihandeinrichtungen

Eine Zweihandeinrichtung schützt immer nur eine Person! Bei mehreren Bedienern muss jede Person eine Zweihandeinrichtung betätigen. Eine Gefahr bringende Bewegung darf nur durch bewusstes beidhändiges Betätigen der Zweihandeinrichtung ausgelöst werden und muss stoppen, sobald eine Hand die Einrichtung loslässt.

Es gibt verschiedene Typen von Zweihandeinrichtungen. Die unterscheidenden Merkmale sind die Ausprägung der Bedienteile sowie die steuerungstechnischen Anforderungen.

Folgende Grundsatzprinzipien gelten für alle Typen:

- Die Benutzung beider Hände muss sichergestellt sein.
- Das Loslassen eines der beiden Bedienteile beendet die Gefahr bringende Bewegung.
- Versehentliches Betätigen muss verhindert werden.
- Es ist kein einfaches Umgehen der Schutzwirkung möglich.
- Die Zweihandeinrichtung darf nicht in den Gefahrbereich mitgenommen werden.

Für Zweihandeinrichtungen vom Typ II und Typ III gilt zusätzlich:

- Das Einleiten einer erneuten Bewegung darf erst nach Loslassen beider Bedienteile und anschließender Betätigung erfolgen.

Für Zweihandeinrichtungen vom Typ III gilt zusätzlich:

- Das Einleiten einer Bewegung darf nur erfolgen, wenn beide Bedienteile innerhalb von 0,5 Sekunden synchron betätigt wurden.

Für Zweihandeinrichtungen vom Typ III sind Untertypen mit detaillierten steuerungstechnischen Anforderungen definiert. Die wichtigsten Untertypen sind:

- Typ III A: Auswertung eines Schließers pro Bedienteil (2 Eingänge)
- Typ III C: Auswertung eines Schließers und Öffners pro Bedienteil (4 Eingänge)

➜ Anforderungen an Zweihandeinrichtungen: EN 574 (B-Norm)

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Zustimmeinrichtungen

Beim Einrichten, bei der Instandhaltung und bei einer notwendigen nahen Beobachtung von Fertigungsabläufen müssen Funktionen der Schutzeinrichtungen u. U. zeitweilig aufgehoben werden. Neben anderen Maßnahmen, welche das Risiko minimieren (verminderte Kraft/Geschwindigkeit etc.), sind hierfür Befehlseinrichtungen nötig, welche für die Dauer der Aufhebung betätigt werden müssen. Eine Möglichkeit hierfür sind Zustimmeinrichtungen.

Zustimmeinrichtungen sind körperlich betätigte Befehlsgeräte, mit denen die Zustimmung des Bedieners zu Maschinenfunktionen eingeholt wird. Als Zustimmeinrichtungen werden in der Regel Drucktaster oder Fußschalter verwendet.

Als zusätzliche Startsteuerung zur Zustimmeinrichtung bieten sich Joysticks oder Tipptaster an. Industriell bewährt und daher zu empfehlen sind 3-stufige Zustimmeinrichtungen.

Der Maschinenstart darf nicht alleine durch das Betätigen einer Zustimmeinrichtung ausgelöst werden. Vielmehr wird eine Bewegung nur so lange zugelassen, wie die Zustimmeinrichtung betätigt ist.

Funktionsweise der 3-stufigen Zustimmeinrichtung:

Stellung	Stellteil	Funktion
1	Nicht betätigt	Aus
2	In Mittelstellung (Druckpunkt)	Zustimmen
3	Über Mittelstellung hinaus	Not-Halt (Aus)

Beim Wechsel von der Stellung 3 in die Stellung 2 zurück darf die Zustimmfunktion nicht freigegeben werden.

Sind Zustimmeinrichtungen in Stellung 3 mit gesonderten Kontakten ausgeführt, sollten diese in den Not-Halt-Schaltkreis eingebunden werden.

Auch beim Einsatz von Zustimmeinrichtungen ist die Manipulationssicherheit von hoher Bedeutung.

➜ Anforderungen an Zustimmeinrichtungen: EN 60204-1 (B-Norm)

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

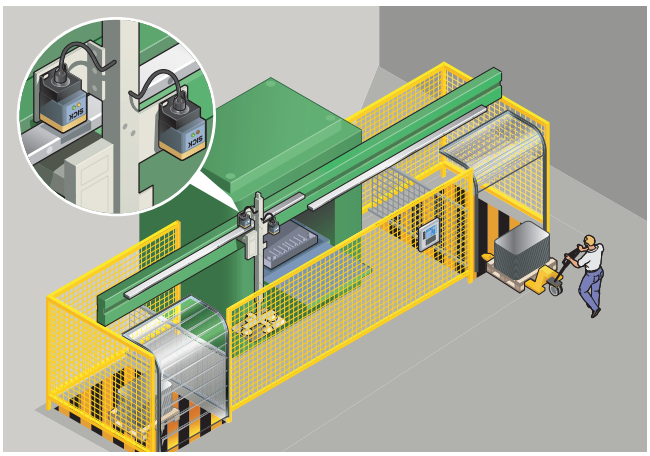
Sensorik für die Überwachung von Maschinenparametern

Die Risikobeurteilung kann ergeben, dass bestimmte Maschinenparameter im Betrieb überwacht und erfasst werden müssen.

Sichere Positionsüberwachung

Wenn eine Maschine eine bestimmte Position überfährt, wird ein Maschinenstopp ausgelöst. Hierfür können z. B. Sicherheitsschalter genutzt werden (➜ 3-22).

Besonders geeignet für diese Aufgabe sind berührungslos wirkende induktive Sicherheitsschalter. Diese überwachen ohne besonderes Gegenstück, verschleißfrei und mit hoher Schutzart einen bestimmten Teil einer Roboterachse oder eines beweglichen Maschinenteils auf Anwesenheit.

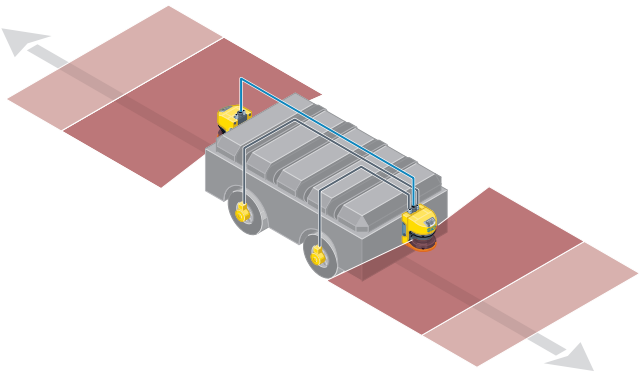


Überwachung von Drehzahl/Geschwindigkeit/Nachlauf

Sichere Drehgeber oder Wegmesssysteme ermöglichen eine Erfassung und Auswertung von Drehzahl, Geschwindigkeit oder Nachlauf.

Bei fahrerlosen Transportsystemen sind oft bereits Drehgeber an den Achsen vorhanden. Hier kann ein intelligenter Auswertealgorithmus die notwendigen Fahrparameter sicher ermitteln.

Sichere Stillstand- oder Drehwächtermodule überwachen die Bewegung von Antrieben mittels Sensoren oder Drehgebern, um bei Stillstand oder beim Abweichen von eingestellten Parametern ein sicheres Steuersignal zu erzeugen. In einer weiteren Variante kann auch die durch Restmagnetisierung induzierte Spannung einen noch austrudelnden Motor signalisieren.

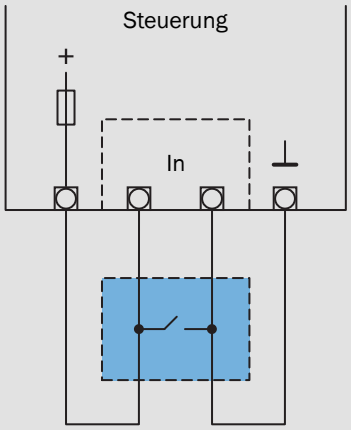
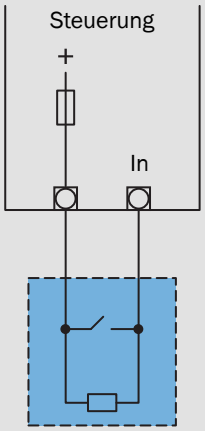
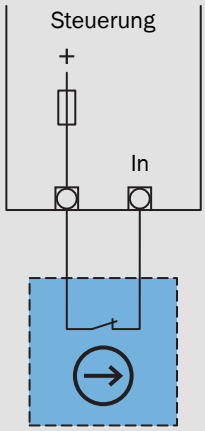


© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Schaltmatten, Schaltleisten, Bumper

In einigen Anwendungsfällen können druckempfindliche Schutzeinrichtungen sinnvoll sein. Das Funktionsprinzip beruht in den meisten Fällen auf einer elastischen Verformung eines Hohlkörpers, welcher dafür sorgt, dass ein interner Signalgeber (elektromechanisch oder optisch) die Sicherheitsfunktion ausführt.

Die üblichen elektromechanisch wirkenden Systeme gibt es in unterschiedliche Ausführungen.
Die richtige mechanische Ausgestaltung und Integration ist in allen Fällen für eine wirksame Schutzfunktion unbedingt einzuhalten.

Kurzschlussbildende Ausführungen (Arbeitsstromprinzip)		**Zwangsöffnende Ausführung**
4-Draht-Variante	**Widerstandsvariante**	**(Ruhestromprinzip)**
		
Hier kommt es bei Aktivierung der Schutzeinrichtung zu einem Kurzschluss. Bei der 4-Draht-Ausführung wird ein Stromkreis kurzgeschlossen (wenige Ohm). Bei der Widerstandsvariante wird eine Änderung zu einem Soll-Widerstandswert (im Bereich kOhm) detektiert. Diese Ausführungsformen benötigen eine aufwendigere Auswertung.		Diese Ausführungsform ist universeller und vorteilhafter. Wie bei einem Sicherheitsschalter kommt es bei Aktivierung der Schutzeinrichtung zu einem Öffnen des Schaltkontaktes. Durch spezielle Leitungsverlegung ist ein Kurzschluss zwischen den Leitungen ausgeschlossen.

➜ Gestaltung druckempfindlicher Schutzeinrichtungen: B-Norm EN 1760-1/-2

Fußschalter

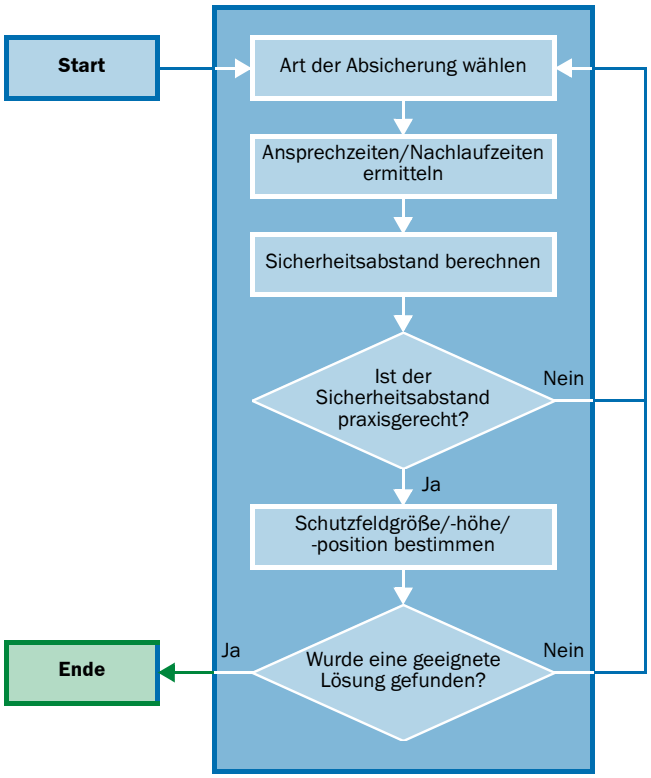
Fußschalter werden zum An- und Abschalten von Arbeitsabläufen eingesetzt.
Fußschalter dürfen an einigen Maschinen (z. B. an Pressen, Stanzen, Biege- und Blechbearbeitungsmaschinen) nur in separaten Betriebsarten und nur in Verbindung mit anderen Schutzmaßnahmen (z. B. langsame Geschwindigkeit) für Sicherheitsfunktionen genutzt werden. Sie sind dann aber speziell auszuführen:

- mit Schutzhaube gegen unbeabsichtigtes Betätigen
- in 3-stufiger Ausführung analog dem Zustimmschalter-Prinzip (siehe oben)
- mit der Möglichkeit zur manuellen Rückstellung (per Hand) bei Betätigung des Stellteils über den Druckpunkt
- Nachdem die Gefahr bringende Bewegung gestoppt wurde, darf ein erneutes Einschalten per Fuß erst nach Loslassen des Fußschalters und erneuter Betätigung erfolgen.
- Auswertung von mindestens einem Schließer- und einem Öffner-Kontakt
- bei mehreren Bedienpersonen muss jede Person einen Fußschalter betätigen

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

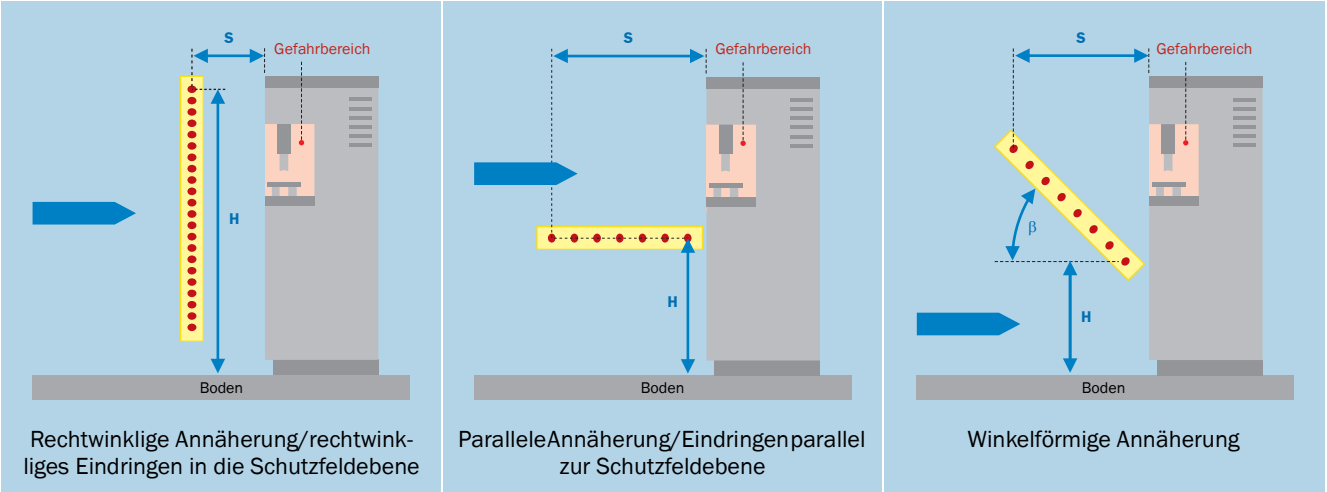
Positionieren/dimensionieren der Schutzeinrichtungen

Ein wesentlicher Aspekt bei der Auswahl der optimalen Schutzeinrichtung ist der verfügbare Platz. Es muss sichergestellt sein, dass noch rechtzeitig vor Erreichen der Gefahrstelle der Gefahr bringende Zustand aufgehoben ist.
Der notwendige Sicherheitsabstand ist unter anderem auch von Größe und Ausprägung der Schutzeinrichtung abhängig.



Sicherheitsabstand für BWS in Abhängigkeit von der Annäherung

Die Sicherheitsabstandsbetrachtung gilt für BWS mit zweidimensionalem Schutzfeld, wie z. B. Lichtvorhänge, Lichtschranken (AOPD), Laserscanner (AOPDDR) oder zweidimensionale Kamerasysteme. Im Allgemeinen unterscheidet man drei Annäherungsarten.



Rechtwinklige Annäherung/rechtwinkliges Eindringen in die Schutzfeldebene

Parallele Annäherung/Eindringen parallel zur Schutzfeldebene

Winkelförmige Annäherung

Nachdem die Stopp auslösende BWS ausgewählt wurde, ist der notwendige Sicherheitsabstand zwischen dem Schutzfeld der BWS und der nächstliegenden Gefahrstelle zu berechnen.

Folgende Parameter sind zu berücksichtigen:

- Stoppzeit der Maschine
- Ansprechzeit der sicherheitsrelevanten Steuerung
- Ansprechzeit Schutzeinrichtung (BWS)
- Zuschläge abhängig vom Auflösungsvermögen der BWS und/ oder Art der Annäherung

Wenn die minimale Entfernung zu groß und aus ergonomischer Sicht nicht akzeptabel ist, dann muss entweder die Gesamtstoppzeit der Maschine vermindert werden oder es muss eine BWS mit feinerer Auflösung verwendet werden. Ein mögliches Hintertreten ist zu verhindern.

→ Die Berechnung des Sicherheitsabstandes für eine BWS wird in der Norm EN 999 (künftig EN ISO 13 855) beschrieben (B-Normen).

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Allgemeine Berechnungsformel
$S = (K \times T) + C$

Dabei ist ...

- **S** der Mindestabstand in Millimetern, gemessen von der nächstliegenden Gefahrstelle zum Erkennungspunkt bzw. zur Erkennungslinie oder Erkennungsebene der BWS.
- **K** ein Parameter in Millimetern pro Sekunde, abgeleitet von Daten über Annäherungsgeschwindigkeiten des Körpers oder von Körperteilen.
- **T** die Nachlaufzeit des gesamten Systems in Sekunden.
- **C** ein zusätzlicher Abstand in Millimetern, der das Eindringen in den Gefahrbereich vor Auslösen der Schutzeinrichtung zugrunde legt.

Die nachfolgende Tabelle enthält die Formeln zur Berechnung des Sicherheitsabstandes S abhängig von der Annäherung zum Schutzfeld.

Rechtwinklige Annäherung			
β **= 90° (±5°)** d ≤ 40 mm	S = 2000 × T + 8 × (d – 14) Wenn S > 500 mm, dann verwenden Sie: S = 1600 × T + 8 × (d –14). In diesem Fall darf S nicht < 500 mm sein.	Der Sicherheitsabstand S darf nicht < 100 mm sein.	
40 < d ≤ 70 mm	S = 1600 × T + 850	Höhe des untersten Strahls ≤ 300 mm Höhe des obersten Strahls ≥ 900 mm	
d > 70 mm		**Anzahl Strahlen**	**Empfohlene Höhen**
Mehrstrahlig	S = 1600 × T + 850	4	300, 600, 900, 1200 mm
		3	300, 700, 1100 mm
		2	400, 900 mm
Einstrahlig	S = 1600 × T + 1200 Eine einstrahlige Absicherung ist nur zulässig, wenn die Risikobeurteilung oder C-Norm diese zulassen.	1	750 mm
Parallele Annäherung			
β **= 0° (±5°)**	S = 1600 × T + (1200 – 0,4 × H) wobei (1200 – 0,4 × H) > 850 mm		
Winkelförmige Annäherung			
5° < β < 85°	Bei β > 30° vgl. rechtwinklige Annäherung. Bei β < 30° vgl. parallele Annäherung. S wird auf den am weitesten entfernten Strahl angewendet, dessen Höhe ≤ 1000 mm ist.	$d \leq \frac{H}{15} + 50$ bezieht sich auf den untersten Strahl.	

S: Mindestabstand
H: Schutzfeldhöhe (Detektionsebene)
d: Auflösung der BWS
β: Winkel zwischen der Detektionsebene und der Eintrittsrichtung
T: Nachlaufzeit des gesamten Systems

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Sonderfälle

Pressen-Applikation

Abweichend von den allgemeinen Normen können in maschinenspezifischen C-Normen spezielle Vorgaben enthalten sind.

Berechnung des Zuschlags bei Pressen		
Auflösung d (mm) der BWS	**Zuschlag C (mm)**	**Hubauslösung durch BWS/Taktbetrieb**
d ≤ 14	0	Zulässig
14 < d ≤ 20	80	
20 < d ≤ 30	130	
30 < d ≤ 40	240	Nicht zulässig
> 40	850	

➜ Pressennormen: EN 692/693 (C-Normen)

BWS für Hintertretschutz

Diese Art der Absicherung empfiehlt sich für große Anlagen, die vom Boden aus zugänglich sind. In diesem speziellen Fall muss verhindert werden, dass die Anlage anläuft (Sicherheitsfunktion: **Start verhindern**), während sich ein Bediener im Innenraum befindet. Es handelt sich hierbei um eine sekundäre Schutzeinrichtung.

Der Sicherheitsabstand muss in diesem Fall für die Hauptschutzeinrichtung (z. B. einen vertikalen Lichtvorhang, der die Aufgabe hat, die Anlage zu stoppen), berechnet werden. Die sekundäre Schutzeinrichtung (mit horizontalem Schutzfeld) erfasst die Anwesenheit einer Person in der Anlage und verhindert so ein Anlaufen der Anlage.

Mobile Applikationen an Fahrzeugen

Wenn der Gefahr bringende Zustand von einem Fahrzeug ausgeht, dann wird bei der Bestimmung des Sicherheitsabstandes in der Regel die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs zugrunde gelegt und nicht die Annäherungsgeschwindigkeit der Person.

Wenn sich das Fahrzeug (und somit die Schutzeinrichtung) und eine Person annähern, dann geht man im Normalfall davon aus, dass die Person die Gefahr erkennt und stehen bleibt oder sich entfernt. Der Sicherheitsabstand muss also „nur“ groß genug gewählt werden, um ein sicheres Anhalten des Fahrzeugs zu ermöglichen.

Abhängig von der Applikation und der verwendeten Technologie, können noch Sicherheitszuschläge notwendig sein.

Applikationen mit mitfahrender BWS

An manchen Maschinen sind funktionsbedingt Bediener sehr nah am Gefahrbereich. Bei Gesenkbiege- bzw. Abkantpressen müssen kleine Bleche nah der Biegekante gehalten werden. Als praxistaugliche Schutzeinrichtungen haben sich mitfahrende Systeme durchgesetzt, die rund um die Werkzeugöffnungen ein Schutzfeld bilden. Hier wird die Greifgeschwindigkeit nicht berücksichtigt, daher ist die allgemeine Formel nicht anwendbar.

Die Anforderung an das Auflösungsvermögen sind sehr hoch und Umspiegelungen an den metallischen Oberflächen müssen ausgeschlossen werden. Daher finden hierfür fokussierte Lasersysteme mit kamerabasierter Auswertung Anwendung. In Verbindung mit anderen Maßnahmen (z. B. 3-Lagen-Fusschalter, automatische Nachlaufmessung, Handschuhpflicht etc.) ist diese Absicherungsart in den C-Normen festgelegt.

➜ Sicherheit von Gesenkbiegepressen mit mitfahrenden BWS: prEN 12622 (C-Norm)

Die Messung der Nachlaufzeit und des notwendigen Sicherheitsabstandes erfordert besonderes Know-how und Equipment. SICK bietet diese Messungen als Dienstleistung an.

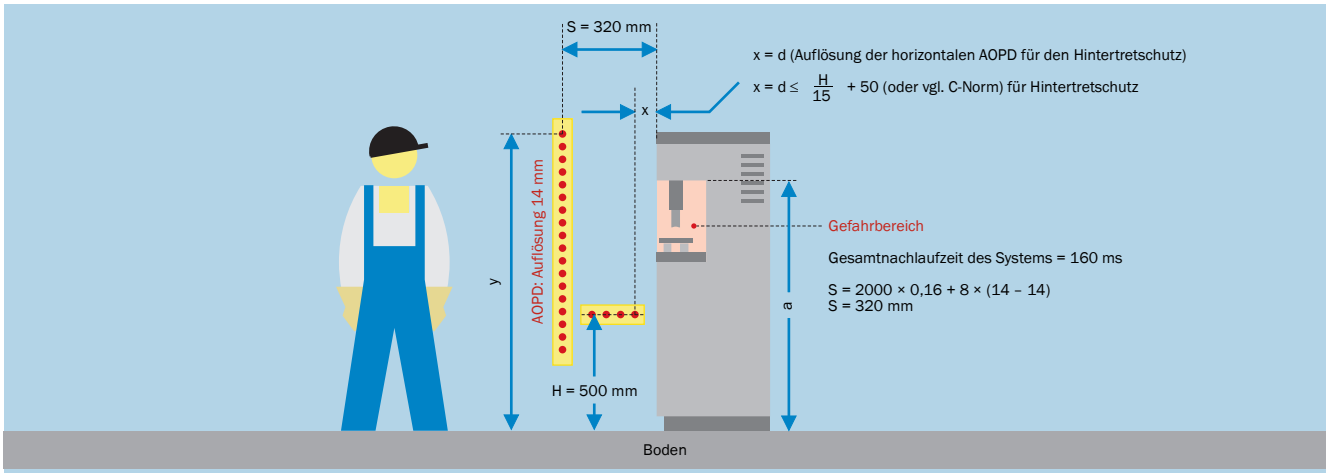
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Beispiele zur Berechnung des Sicherheitsabstandes

Lösungsansatz 1: Rechtwinklige Annäherung – Gefahrstellenabsicherung mit Hintertretschutz

Die Berechnung, wie in der Abbildung dargestellt, ergibt einen Sicherheitsabstand von S = 320 mm. Durch die Verwendung eines Sicherheits-Lichtvorhangs mit der bestmöglichen Auflösung ist dies bereits der optimale Sicherheitsabstand.

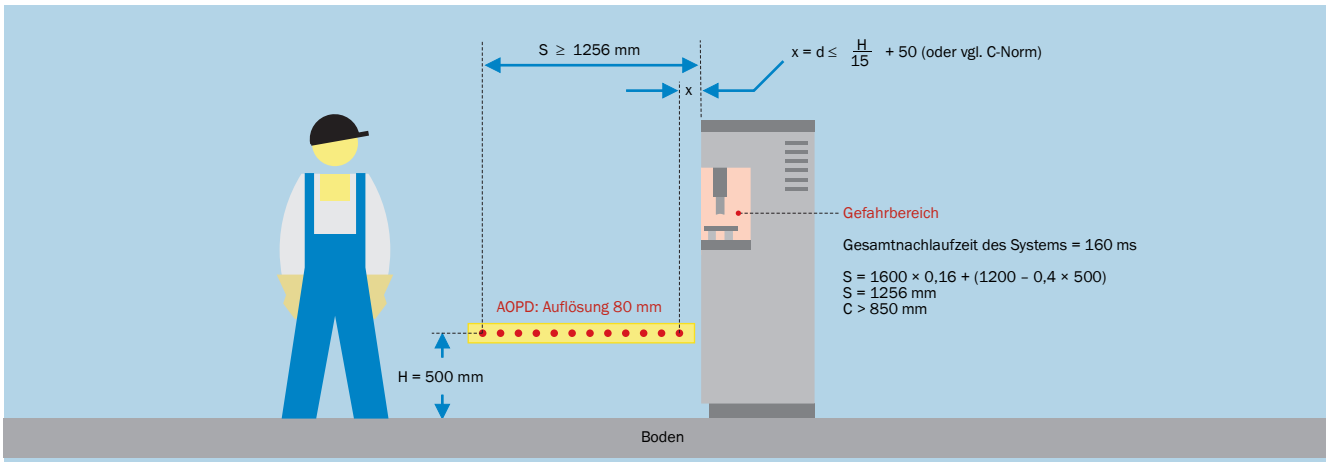
Damit die Person überall im Gefahrbereich erfasst wird, werden zwei AOPDs eingesetzt: eine senkrechte AOPD, die entsprechend dem errechneten Sicherheitsabstand positioniert ist (senkrechte Annäherung), und eine horizontale AOPD, um die Gefahr des Hintertretens zu eliminieren.


S = 320 mm
x = d (Auflösung der horizontalen AOPD für den Hintertretschutz)
x = d ≤ H/15 + 50 (oder vgl. C-Norm) für Hintertretschutz
x
y
AOPD: Auflösung 14 mm
Gefahrbereich
Gesamtnachlaufzeit des Systems = 160 ms
S = 2000 × 0,16 + 8 × (14 – 14)
S = 320 mm
a
H = 500 mm
Boden

a = Höhe des Gefahrbereichs
d = Detektionsvermögen (Auflösung der AOPD)
H = Installationshöhe
S = Sicherheitsabstand
x = Ende des Schutzfeldes bis zum mechanischen Hintertretschutz
y = Höhe des obersten Strahls, Ermittlung siehe „Notwendige Schutzfeldgröße/-höhe der BWS“ auf Seite 3-34

Lösungsansatz 2: Parallele Annäherung – Gefahrbereichsabsicherung

Eine horizontale AOPD wird eingesetzt. Die Abbildung unten zeigt die Berechnung des Sicherheitsabstandes S und die Positionierung der AOPD. Wenn die Installationshöhe der AOPD auf 500 mm erhöht wird, reduziert sich der Sicherheitsabstand. Für diese Höhe kann eine AOPD mit einer Auflösung feiner oder gleich 80 mm eingesetzt werden. Unterhalb der AOPD darf jedoch trotzdem kein Zugang in den Gefahrbereich möglich sein. Diese Absicherungsart wird häufig durch AOPDDR (Laserscanner) realisiert. Bei diesen Geräten sind jedoch technologiebedingte Zuschläge zu addieren.

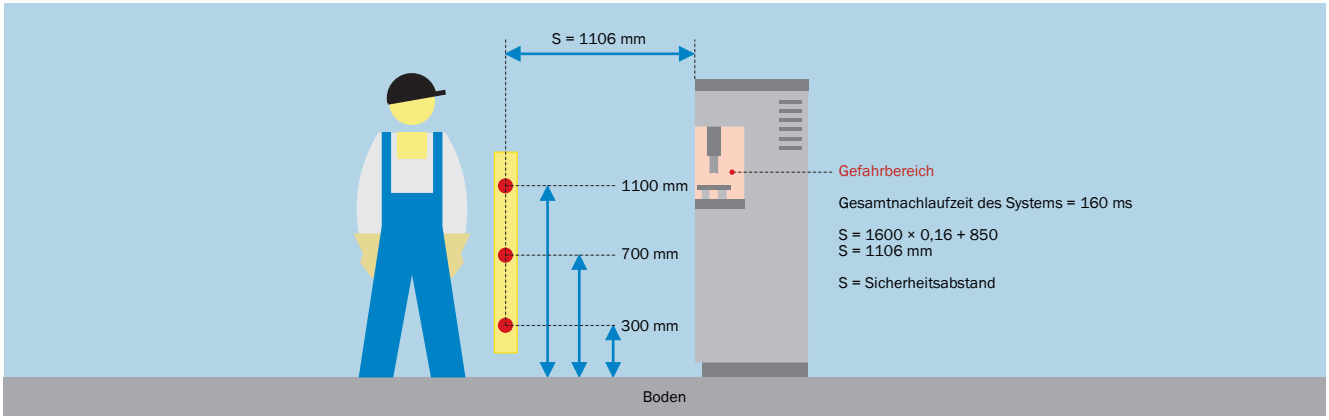

S ≥ 1256 mm
x = d ≤ H/15 + 50 (oder vgl. C-Norm)
x
Gefahrbereich
Gesamtnachlaufzeit des Systems = 160 ms
S = 1600 × 0,16 + (1200 – 0,4 × 500)
S = 1256 mm
C > 850 mm
AOPD: Auflösung 80 mm
H = 500 mm
Boden

C = Zusätzlicher Abstand in Millimetern, der das Eindringen in den Gefahrbereich vor Auslösen der Schutzeinrichtung zugrunde legt
d = Detektionsvermögen (Auflösung der AOPD)
H = Installationshöhe
S = Sicherheitsabstand
x = Ende des Schutzfeldes bis zum mechanischen Hintertretschutz

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Lösungsansatz 3: Zugangsabsicherung

Eine Zugangsabsicherung mit 3 Strahlen (bei Höhen von 300 mm, 700 mm und 1100 mm) erlaubt eine senkrechte Annäherung. Diese Lösung lässt zu, dass ein Bediener sich unerkannt zwischen Gefahrbereich und AOPD befindet. Daher müssen zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen getroffen werden, um dieses Risiko zu mindern. So muss die Befehlseinrichtung (z. B. Rücksetztaste) so positioniert sein, dass der ganze Gefahrbereich eingesehen werden kann. Sie darf von dort aus nicht erreichbar sein.



Ergebnisübersicht

Die nachfolgende Tabelle zeigt das Ergebnis der Lösungen. Betriebliche Erfordernisse bestimmen die Wahl einer der folgenden Lösungen:

	Lösungsansatz bei Nachlaufzeit = 160 ms	**Vorteile**	**Nachteile**
1	**Gefahrstellenabsicherung** **S = 320 mm**	■ Größere Produktivität, da der Bediener näher am Arbeitsprozess steht (kurze Wege) ■ Automatischer Start oder Taktbetrieb möglich ■ Geringster Platzbedarf	■ Höherer Preis für die Schutzeinrichtung wegen gutem Auflösungsvermögen und Hintertretschutz
2	**Gefahrbereichsabsicherung** **S = 1256 mm**	■ Automatischer Start möglich ■ Erlaubt die Absicherung des Zugangs unabhängig von der Höhe des Gefahrbereichs	■ Der Bediener ist viel weiter entfernt (lange Wege) ■ Höherer Platzbedarf ■ Niedrigere Produktivität
3	**Zugangsabsicherung** **S = 1106 mm**	■ Preisgünstigste Lösung ■ Erlaubt die Absicherung des Zugangs unabhängig von der Höhe des Gefahrbereichs ■ Absicherung mehrerer Seiten mit Umlenkspiegel möglich	■ Der Bediener ist viel weiter entfernt (lange Wege) ■ Niedrigste Produktivität (Rücksetzen der BWS immer notwendig) ■ Das Risiko des Hintertretens ist zu berücksichtigen. Nicht zu empfehlen, wenn mehrere Personen am Arbeitsplatz arbeiten.

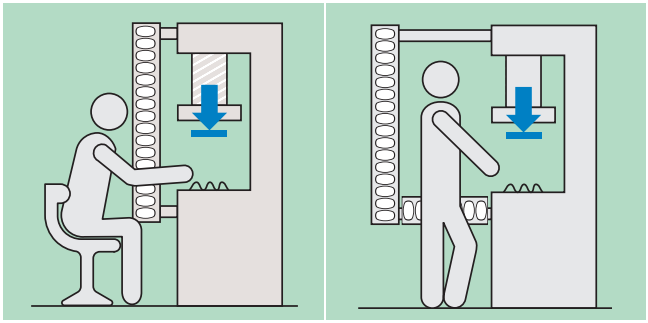
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Notwendige Schutzfeldgröße/-höhe der BWS

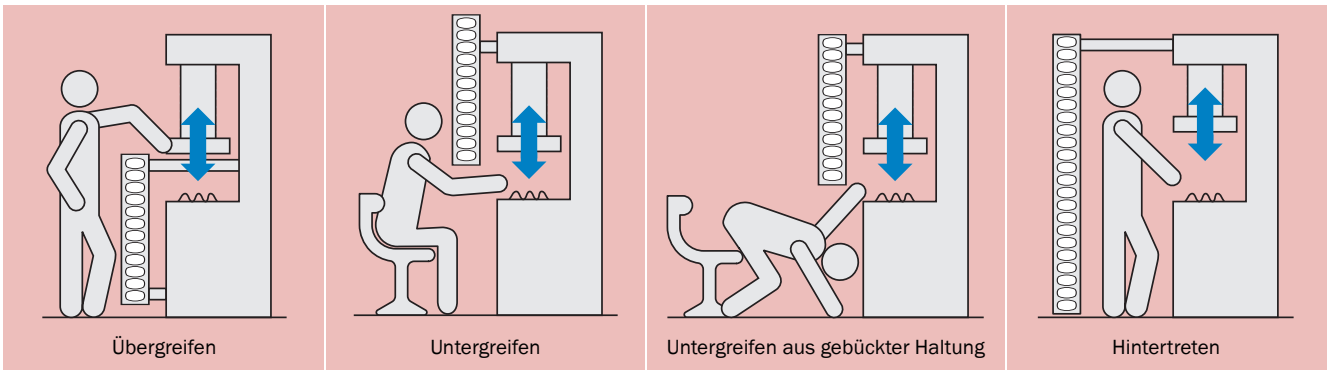
Allgemein müssen bei der Montage von Schutzeinrichtungen folgende Fehler ausgeschlossen sein:

- Die Gefahrstelle darf nur durch das Schutzfeld hindurch erreichbar sein.
- Insbesondere dürfen Gefahrstellen nicht durch Über-/Unter-/Umgreifen erreichbar sein.
- Wenn Schutzeinrichtungen hintertretbar sind, müssen Zusatzmaßnahmen wirken (z. B. Wiederanlaufsperre, sekundäre Schutzeinrichtung).

Beispiele für richtige Montage



Beispiele für gefährliche Montagefehler



Nachdem der Mindestsicherheitsabstand zwischen Schutzfeld und der nächstliegenden Gefahrstelle berechnet wurde, ist in einem weiteren Schritt die erforderliche Schutzfeldhöhe zu bestimmen. Dadurch soll verhindert werden, dass die Gefahrstelle nicht durch Übergreifen erreicht werden kann.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Erforderliche Schutzfeldhöhe von BWS gemäß prEN ISO 13855

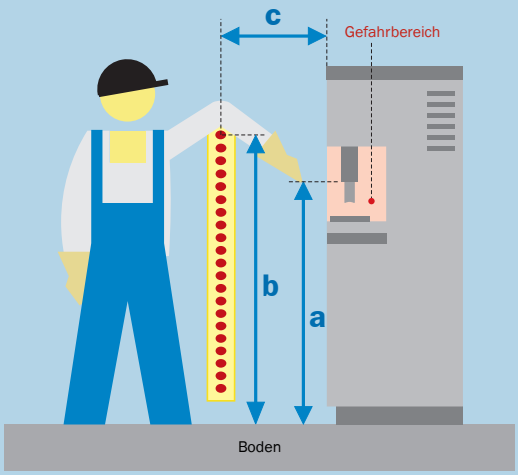
Höhe a des Gefahrbereichs (mm)	Horizontaler Abstand c zum Gefahrbereich (mm)											
2600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	0
2400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	0
2200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	0	0
2000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	0	0	0
1800	1100	1100	950	950	850	800	750	550	0	0	0	0
1600	1150	1150	1100	1000	900	850	750	450	0	0	0	0
1400	1200	1200	1100	1000	900	850	650	0	0	0	0	0
1200	1200	1200	1100	1000	850	800	0	0	0	0	0	0
1000	1200	1150	1050	950	750	700	0	0	0	0	0	0
800	1150	1050	950	800	500	450	0	0	0	0	0	0
600	1050	950	750	550	0	0	0	0	0	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Resultierende Höhe b der Schutzfeldoberkante (mm)											
	900	**1000**	**1100**	**1200**	**1300**	**1400**	**1600**	**1800**	**2000**	**2200**	**2400**	**2600**

Gehen Sie wie folgt vor, um die notwendige Höhe der Schutzfeldoberkante für diesen Sicherheitsabstand zu bestimmen:

1. Ermitteln Sie die Höhe der Gefahrstelle **a** und suchen Sie den Wert in der linken Spalte, z. B. 1000 mm.
2. Ermitteln Sie in dieser Zeile die erste Spalte, in der der horizontale Abstand **c** kleiner als der errechnete Sicherheitsabstand ist, z. B. das erste Feld mit dem Wert „0“.
3. Lesen Sie in der Fußzeile die resultierende Höhe **b** der Schutzfeldoberkante ab, z. B. 1600 mm.

Beispiel

Der errechnete Sicherheitsabstand zwischen Schutzfeld und nächstliegender Gefahrstelle beträgt 240 mm.
Die Schutzfeldoberkante muss in diesem Beispiel bei 1600 mm liegen, damit die Gefahrstelle durch Übergreifen nicht erreicht wird. Wenn das Schutzfeld z. B. bei 700 mm über der Bezugsebene beginnt, ist ein Lichtvorhang mit einer Schutzfeldhöhe von 900 mm zu verwenden.



Parameter zur Bestimmung der erforderlichen Schutzfeldhöhe

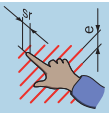
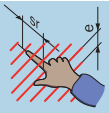
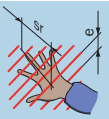
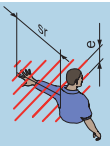
➜ Eine spezielle Tabelle für die erforderliche Schutzfeldhöhe von BWS war bei Redaktionsschluss als prEN ISO 13855 in Arbeit.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Sicherheitsabstand bei trennenden Schutzeinrichtungen

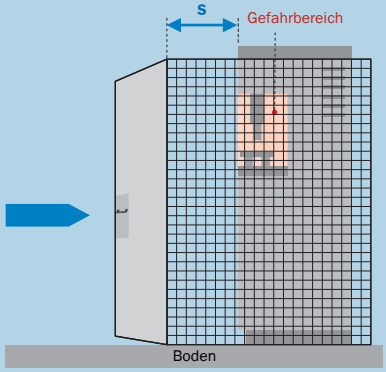
Trennende Schutzeinrichtungen müssen ausreichend Abstand zum Gefahrbereich haben, sofern sie Öffnungen aufweisen. Dies gilt auch für Öffnungen zwischen Schutzeinrichtung und Maschinengestell, Aufspannplatten usw.

Sicherheitsabstand in Abhängigkeit von Öffnungen trennender Schutzeinrichtungen

Körperteil		Öffnung e (mm)	Sicherheitsabstand (mm)		
			Schlitz	Quadrat	Kreis
Fingerspitze		e ≤ 4	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		4 < e ≤ 6	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Finger bis Handwurzel		6 < e ≤ 8	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		8 < e ≤ 10	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		10 < e ≤ 12	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		12 < e ≤ 20	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		20 < e ≤ 30	≥ 850	≥ 120	≥ 120
Arm bis Schultergelenk		30 < e ≤ 40	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		40 < e ≤ 120	≥ 850	≥ 850	≥ 850

Sicherheitsabstand für verriegelte trennende Schutzeinrichtungen

Für verriegelte trennende Schutzeinrichtungen, die einen Stopp auslösen, muss analog zur Vorgehensweise bei den BWS ebenfalls ein Sicherheitsabstand eingehalten werden. Alternativ können Verriegelungen mit Zuhaltungen den Zugang so lange verhindern, bis keine Gefährdung mehr vorhanden ist.



Sicherheitsabstand für verriegelte trennende Schutzeinrichtungen

Allgemeine Berechnungsformel

$$S = (K \times T)$$

Dabei ist ...

- **S** der Mindestabstand in Millimetern, gemessen von der nächstliegenden Gefahrstelle zum nächstliegenden Türöffnungspunkt.
- **K** ein Parameter in Millimetern pro Sekunde, abgeleitet von Daten über Annäherungsgeschwindigkeiten des Körpers oder von Körperteilen, in der Regel 1600 mm/s.
- **T** die Nachlaufzeit des gesamten Systems in Sekunden.

➜ Berechnung des Sicherheitsabstandes für verriegelte trennende Schutzeinrichtungen: EN 999, prEN ISO 13855 (B-Normen)

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Notwendige Höhe bei trennenden Schutzeinrichtungen

Analog zur Vorgehensweise bei BWS ist das gleiche Verfahren auch für trennende Schutzeinrichtungen anzuwenden. Je nach Gefährdungspotenzial sind unterschiedliche Berechnungstabellen zu betrachten.

Um das Unterkriechen der trennenden Schutzeinrichtungen zu vermeiden, reicht es im Normalfall, wenn diese bei 200 mm über der Bezugsebene beginnen.

Erforderliche Höhe von trennenden Schutzeinrichtungen bei geringem Gefährdungspotenzial gemäß EN ISO 13857

Höhe a des Gefahrbereichs (mm)	**Horizontaler Abstand c zum Gefahrbereich (mm)**								
2500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2400	100	100	100	100	100	100	100	100	0
2200	600	600	500	500	400	350	250	0	0
2000	1100	900	700	600	500	350	0	0	0
1800	1100	1000	900	900	600	0	0	0	0
1600	1300	1000	900	900	500	0	0	0	0
1400	1300	1000	900	800	100	0	0	0	0
1200	1400	1000	900	500	0	0	0	0	0
1000	1400	1000	900	300	0	0	0	0	0
800	1300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1200	500	0	0	0	0	0	0	0
400	1200	300	0	0	0	0	0	0	0
200	1100	200	0	0	0	0	0	0	0
0	1100	200	0	0	0	0	0	0	0
	Resultierende Höhe b der Schutzfeldoberkante (mm)								
	1000	**1200**	**1400**	**1600**	**1800**	**2000**	**2200**	**2400**	**2500**

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Erforderliche Höhe von trennenden Schutzeinrichtungen bei großem Gefährdungspotenzial gemäß EN ISO 13857

Höhe a des Gefahrbereichs (mm)	Horizontaler Abstand c zum Gefahrbereich (mm)									
2700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	0
2400	1100	1000	900	800	700	600	400	300	100	0
2200	1300	1200	1000	900	800	600	400	300	0	0
2000	1400	1300	1100	900	800	600	400	0	0	0
1800	1500	1400	1100	900	800	600	0	0	0	0
1600	1500	1400	1100	900	800	500	0	0	0	0
1400	1500	1400	1100	900	800	0	0	0	0	0
1200	1500	1400	1100	900	700	0	0	0	0	0
1000	1500	1400	1000	800	0	0	0	0	0	0
800	1500	1300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1400	1300	800	0	0	0	0	0	0	0
400	1400	1200	400	0	0	0	0	0	0	0
200	1200	900	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1100	500	0	0	0	0	0	0	0	0
	Resultierende Höhe b der Schutzfeldoberkante (mm)									
	1000	**1200**	**1400**	**1600**	**1800**	**2000**	**2200**	**2400**	**2500**	**2700**

Gehen Sie wie folgt vor, um die notwendige Höhe der Oberkante der Schutzeinrichtung für diesen Sicherheitsabstand zu bestimmen:

1. Ermitteln Sie die Höhe der Gefahrstelle **a** und suchen Sie den Wert in der linken Spalte, z. B. 1000 mm.
2. Ermitteln Sie in dieser Zeile die erste Spalte, in der der horizontale Abstand **c** kleiner als der errechnete Sicherheitsabstand ist, z. B. das erste Feld mit dem Wert „0“.
3. Lesen Sie in der Fußzeile die resultierende Höhe **b** für die Oberkante der Schutzeinrichtung ab, z. B. 1800 mm.

Beispiel für hohe Gefährdung

Die trennende Schutzeinrichtung muss somit bei 200 mm über der Bezugsebene beginnen und bei 1800 mm enden. Soll die Oberkante der Schutzeinrichtung bei 1600 mm liegen, dann muss der Sicherheitsabstand auf mindestens 800 mm vergrößert werden.

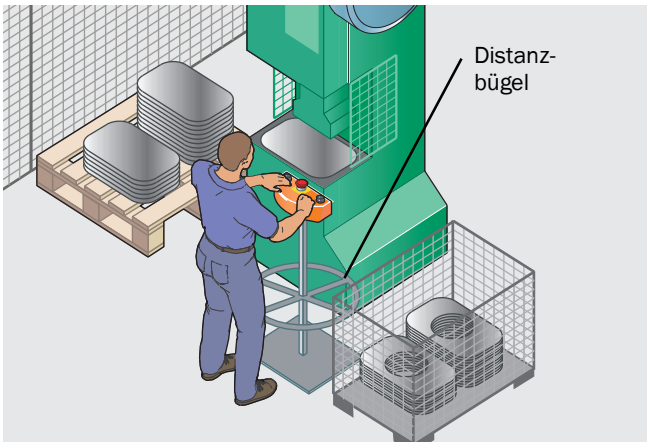
➜ Sicherheitsabstände und erforderliche Schutzfeldhöhe: EN ISO 13857

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Sicherheitsabstand bei ortsbindenden Schutzeinrichtungen

Beispiel: Sicherheitsabstand Zweihandeinrichtung

$$S = (K \times T) + C$$



Dabei ist ...

- **S** der Mindestabstand in Millimetern, gemessen vom Bedienteil zur nächstliegenden Gefahrstelle.
- **K** ein Parameter in Millimetern pro Sekunde, abgeleitet von Daten über Annäherungsgeschwindigkeiten des Körpers oder von Körperteilen, in der Regel 1600 mm/s.
- **T** die Nachlaufzeit des gesamten Systems gemessen ab dem Loslassen des Bedienteils in Sekunden.
- **C** ein Zuschlagsfaktor: 250 mm. Kann unter bestimmten Bedingungen entfallen (z. B. angemessene Überdeckung).

Wenn die Zweihandeinrichtung an ortsveränderlichen Ständern angebracht ist, dann muss das Einhalten des notwendigen Sicherheitsabstandes durch Distanzbügel oder begrenzte Kabellängen (zum Verhindern der unzulässigen Mitnahme) sichergestellt werden.

➜ Berechnung des Sicherheitsabstandes: EN 999, prEN ISO 13855 (B-Normen)

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Integrieren der Schutzeinrichtungen in die Steuerung

Neben den mechanischen Aspekten ist eine Schutzeinrichtung auch steuerungstechnisch zu integrieren.

„Steuerungen sind funktionelle Baugruppen des Informationssystems einer Maschine und realisieren logische Funktionen. Sie koordinieren die Stoff- und Energieflüsse im Wirkbereich des Werkzeug und Werkstücksystems im Sinne der Arbeitsaufgabe. [...] Steuerungen unterscheiden sich nach der angewendeten Technologie, d. h. nach den Trägern der Information, in fluidische, elektrische und elektronische Steuerungen."

Aus: Alfred Neudörfer, Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte, Springer Verlag, Berlin u. a., ISBN 978-3-540-21218-8 (3. Auflage 2005)

Der allgemeine Begriff **Steuerung** beschreibt die gesamte Kette eines Steuerungssystems. Die Steuerung besteht aus Eingangselement, Logikeinheit, leistungssteuerndem Element sowie dem Antriebs-/Arbeitselement.

Sicherheitsbezogene Teile der Steuerung sollen Sicherheitsfunktionen ausführen. Daher werden an ihre Zuverlässigkeit und ihre Widerstandsfähigkeit gegen Fehler besondere Anforderungen gestellt. Sie zeichnen sich durch fehlerbeherrschende und fehlervermeidende Prinzipien aus.

Steuerung			**Sicherheitstechnische Aspekte**	
Wirkprinzip der Steuerung		**Typische Bauteile**	**Störeinflüsse**	**Erläuterungen**
Fluidisch	Pneumatisch	■ Mehrwegventile ■ Entlüftungsventile ■ Handabsperrventile ■ Filter mit Wasserabscheider ■ Schläuche	■ Energieänderungen ■ Reinheit und Wassergehalt der Druckluft	Meistens als elektropneumatische Steuerung ausgeführt. Wartungseinheit zur Aufbereitung der Druckluft notwendig.
	Hydraulisch	■ Druckspeicher ■ Druckbegrenzer ■ Mehrwegventile ■ Filter ■ Niveauanzeiger ■ Temperaturanzeiger ■ Schläuche und Leitungen ■ Verschraubungen	■ Reinheit ■ Viskosität ■ Temperatur der Druckflüssigkeit	Meistens als elektrohydraulische Steuerung ausgeführt. Maßnahmen zur Druck- und Temperaturbegrenzung im System und zur Filtration des Mediums notwendig.
Elektrisch	Elektromechanisch	■ Befehlsgeräte: ▪ Positionsschalter ▪ Wahlschalter ▪ Taster ■ Schaltgeräte: ▪ Steuerschütze ▪ Relais ▪ Leistungsschütze	■ Schutzklasse der Geräte ■ Auswahl, Dimensionierung und Anordnung der Bauteile und Geräte ■ Ausführung und Verlegung der Leitungen	Teile sind aufgrund ihrer Bauart und eindeutigen Schaltstellungen bei richtiger Auswahl unempfindlich gegen Feuchtigkeit, Temperaturschwankungen und elektromagnetische Störungen.
	Elektronisch	■ Einzelbauteile, z. B.: ▪ Transistoren ▪ Widerstände ▪ Kondensatoren ▪ Spulen ■ Hochintegrierte Bausteine, z. B. integrierte Schaltkreise (IC)	Wie unter „Elektromechanisch". Zusätzlich: ■ Temperaturschwankungen ■ Über Leitungen oder Felder eingekoppelte elektromagnetische Störungen	Fehlerausschlüsse sind nicht möglich. Zuverlässige Wirkung ist nur durch Steuerungskonzepte realisierbar, nicht durch die Bauteileauswahl.
	Mikroprozessorgesteuert	■ Mikroprozessoren ■ Software	■ Installationsfehler in der Hardware ■ Systematische Fehler einschließlich Common-Mode-Fehler ■ Programmierfehler ■ Handhabungsfehler ■ Bedienungsfehler ■ Manipulationen ■ Virenprogramme	■ Maßnahmen zur Fehlervermeidung: ▪ Strukturierter Entwurf ▪ Programmanalyse ▪ Simulation ■ Maßnahmen zur Fehlerbeherrschung: ▪ Redundante Hard- und Software ▪ RAM/ROM-Test ▪ CPU-Test

Aus: Alfred Neudörfer, Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte, Springer Verlag, Berlin u. a., ISBN 978-3-540-21218-8 (3. Auflage 2005)

Die sicherheitsbezogenen Eingangselemente sind mit der Sicherheitssensorik (Schutzeinrichtungen) zuvor beschrieben. Daher werden nachfolgend nur die Logikeinheit und die Aktorik behandelt.
Für die sicherheitstechnische Betrachtung der Aktorik bezieht man sich auf die leistungssteuernden Elemente. Fehler und Versagen von Antrieb/Arbeitsselementen werden üblicherweise ausgeschlossen. (Ein Motor ohne Energie schaltet in den gefahrlosen Zustand.)

Fluidische Steuerungen werden häufig als elektropneumatische bzw. elektrohydraulische Steuerungen ausgeführt. D. h. die elektrischen Signale werden durch Ventile in fluidische Energie umgesetzt, um damit Zylinder und andere Aktoren zu bewegen.

➜ Schaltungsbeispiele zur Integration von Schutzeinrichtungen finden Sie unter http://www.sick.com/.

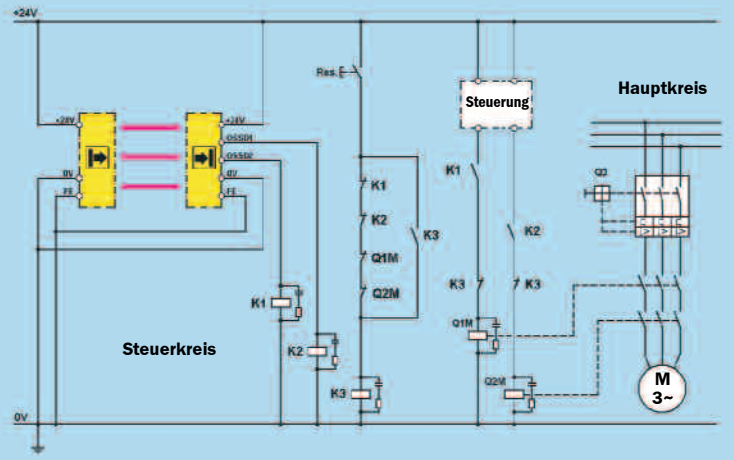
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Logikeinheiten

In einer Logikeinheit werden unterschiedliche Eingangssignale von Sicherheitsfunktionen miteinander zu Ausgangssignalen verknüpft. Hierzu können elektromechanische, elektronische oder programmierbare elektronische Komponenten verwendet werden.

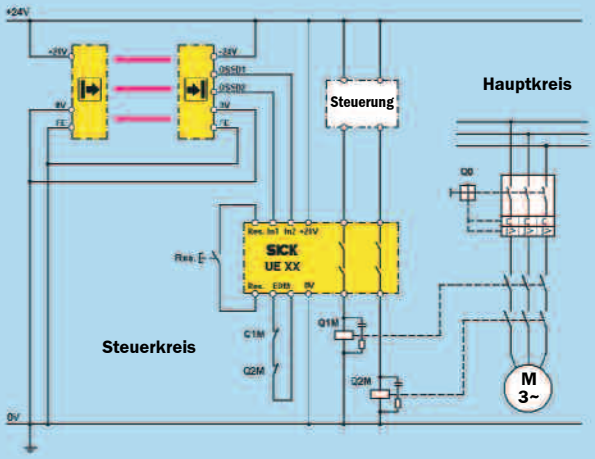
Achtung: Die Signale der Schutzeinrichtungen dürfen nicht allein von Standard-Steuerungen (SPS) verarbeitet werden. Es müssen zusätzlich parallele Abschaltpfade vorhanden sein.

Logikeinheit aufgebaut mit Einzelschützen



Aus einzelnen Hilfsschützen mit zwangsgeführten Kontakten lassen sich Steuerungen beinahe beliebiger Komplexität aufbauen. Redundanz und Überwachung durch zwangsgeführte Kontakte kennzeichnen dieses Sicherheitsprinzip. Die logische Verknüpfung wird durch die Verdrahtung realisiert.
Wirkungsweise: Bei Ruhelage der Schütze K1 und K2 wird durch Betätigung von S1 das Schütz K3 eingeschaltet und hält sich selbst. Wird kein Gegenstand im aktiven Schutzfeld detektiert, führen die Ausgänge OSSD1 und OSSD2 Spannung. Die Schütze K1 und K2 werden über die Schließerkontakte von K3 eingeschaltet und halten sich selbst. K3 wird beim Loslassen des Tasters S1 abgeschaltet. Erst dann werden die Ausgangskreise geschlossen. Bei Detektion eines Gegenstandes im aktiven Schutzfeld werden die Schütze K1 und K2 durch die Ausgänge OSSD1 und OSSD2 ausgeschaltet.

Logikeinheit mit Sicherheitsrelaiskombination (Sicherheits-Schaltgerät)



Sicherheits-Schaltgeräte fassen in einem Gehäuse eine oder mehrere Sicherheitsfunktionen zusammen. Sie beinhalten in der Regel Selbstüberwachungsfunktionen. Die Abschaltpfade können kontaktbehaftet oder mit Halbleitern ausgeführt sein. Sie können zusätzlich Meldekontakte beinhalten.
Der Aufbau von komplexeren Sicherheitsapplikationen wird vereinfacht. Das zertifizierte Sicherheits-Schaltgerät verringert zusätzlich den Aufwand für die Validierung von Sicherheitsfunktionen.

Anstelle von Relais können in Schaltgeräten Halbleiterbauelemente die Aufgabe der elektromechanischen Schaltelemente übernehmen. Schalttechniken wie dynamische Signalübertragung und mehrkanalige Signalverarbeitung mit Fehlererkennung bewirken, dass die rein elektronischen Lösungen zuverlässig arbeiten.

3 c

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Logikeinheit mit softwarebasierten Komponenten

Analog zur Automatisierungstechnik hat sich die Sicherheitstechnik von verdrahteten Hilfsschützen über Sicherheits-Schaltgeräte, teilweise mit parametrierbaren und konfigurierbaren Sicherheitslogiken, bis hin zu komplexen fehlersicheren SPS weiterentwickelt. Das Konzept von „bewährten Bauteilen“ und „bewährten Sicherheitsprinzipien“ muss auf die elektrischen und programmierbaren elektronischen Systemen übertragen werden.

Die logische Verknüpfung für die Sicherheitsfunktion wird dabei durch Software realisiert.

Software ist zu unterscheiden nach Firmware – entwickelt und zertifiziert vom Hersteller der Steuerung – und der eigentlichen Sicherheitsapplikation. Diese entwickelt der Maschinenhersteller mit dem von der Firmware bereitgestellten Sprachumfang.

Parametrierung

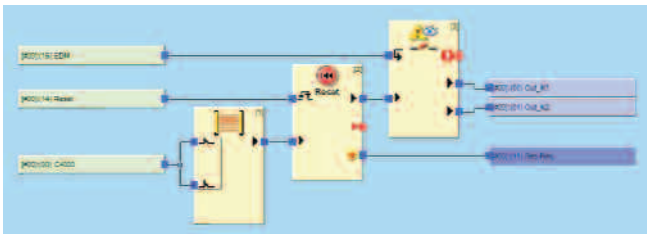
Auswahl von Eigenschaften aus einem vorgegebenen Vorrat von Funktionalitäten durch Wahlschalter/Softwareparameter zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme,

Merkmale: geringe Logiktiefe, UND-/ODER-Logik

Konfiguration

Flexible Verknüpfung von vorgegeben Funktionsblöcken in zertifizierter Logik mit einer Programmieroberfläche, Parametrierung von z. B. Zeiten und Konfiguration der Ein-/Ausgänge der Steuerung,

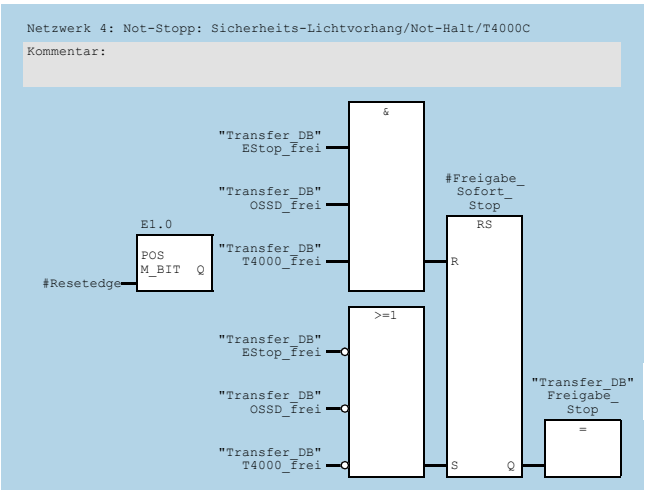
Merkmale: beliebige Logiktiefe, binäre Logik



Programmierung

Freie Gestaltung der Logik mit einem von der vorgegeben Programmiersprache abhängigen Funktionsumfang, meist unter Nutzung zertifizierter Funktionsblöcke,

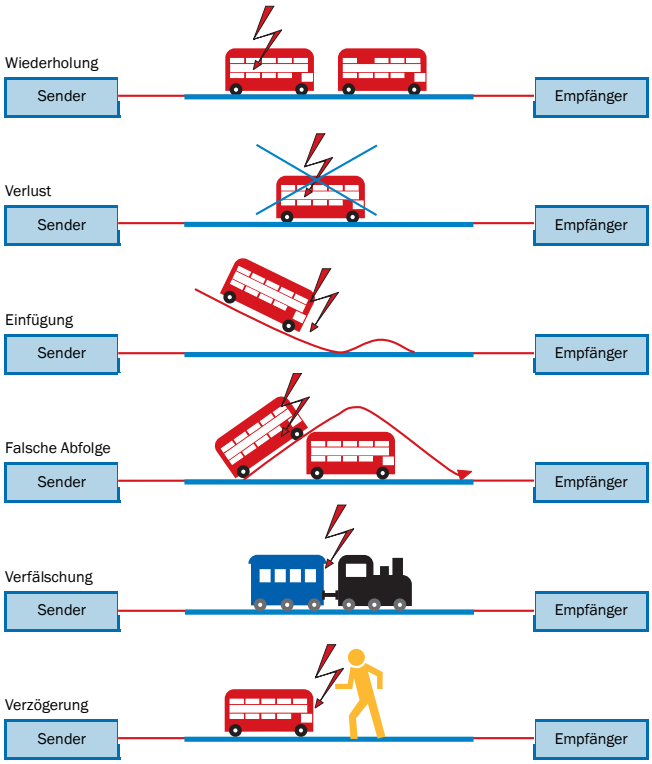
Merkmale: beliebige Logiktiefe, Wortverarbeitung



Zuverlässige Datenübertragung

Bussysteme werden angewendet, um Signale zwischen dem Steuerungssystem und Sensoren oder Aktoren an der Maschine zu übermitteln. Bussysteme sind andererseits für die Übertragung von Zuständen zwischen verschiedenen Teilen von Steuerungen verantwortlich. Ein Bussystem erleichtert die Verdrahtung und reduziert damit mögliche Fehler. Es ist sinnvoll, für sicherheitsbezogene Anwendungen etablierte Bussysteme zu verwenden.

Eine genaue Untersuchung unterschiedlicher Fehler in Hard- und Software zeigt, dass sich solche Fehler immer in den wenigen, gleichen Übertragungsfehlern von Bussystemen äußern.



Quelle: Sicherheitsgerechtes Konstruieren von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen – Elektrische Ausrüstung und Steuerungen; BG Druck- und Papierverarbeitung; Auflage 06/2004; Seite 79

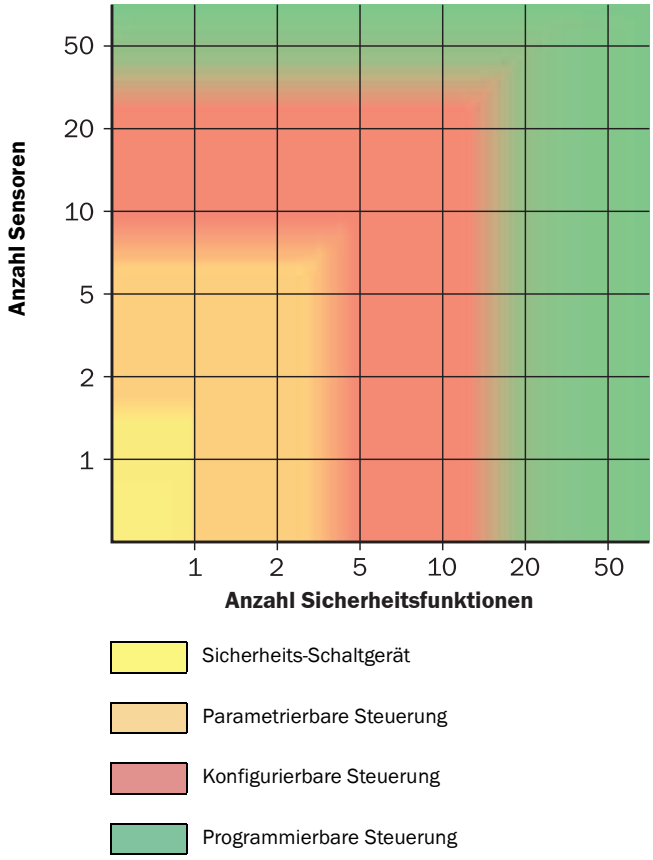
Gegen die oben genannten Übertragungsfehler sind eine Vielzahl von Maßnahmen in der übergeordneten Steuerung möglich, wie z. B. fortlaufende Nummerierung der sicherheitsbezogenen Telegramme oder eine Zeiterwartung für ankommende Telegramme mit Quittierung. Protokollerweiterungen auf Basis des eingesetzten Feldbusses beinhalten solche Maßnahmen. Sie wirken nach dem ISO/OSI-Schichtenmodell oberhalb der Transportschicht und nutzen somit den Feldbus unverändert mit all seinen Komponenten als „Black channel“. Als sichere Bussysteme haben sich z. B. etabliert:

- AS-i Safety at Work
- DeviceNet Safety
- PROFIsafe

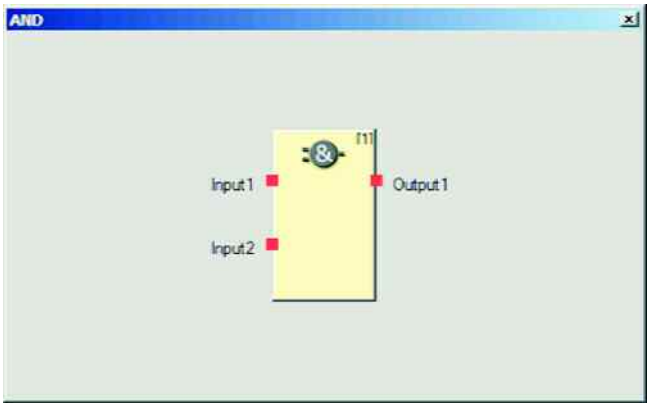
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

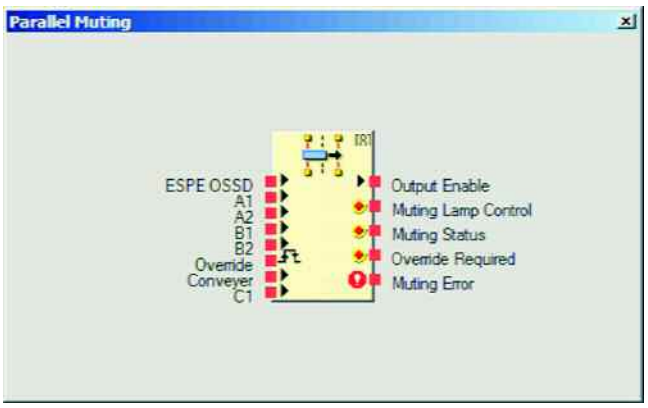
Auswahlkriterien

Kriterien für die Auswahl einer Steuerungsfamilie sind zunächst die Anzahl der zu realisierenden Sicherheitsfunktionen sowie der Umfang der logischen Verknüpfungen zwischen Eingangssignalen.



Die Funktionalität der benötigten Verknüpfungslogik – z.B. einfaches UND, Flipflop oder Spezialfunktionen wie Muting – beeinflussen die Auswahl zusätzlich.





Softwarespezifikation

Um das Auftreten eines Gefahr bringenden Zustands zu vermeiden, müssen insbesondere softwarebasierte Logikeinheiten so entworfen werden, dass Fehler in der Logik zuverlässig vermieden werden. Um systematische Fehler zu erkennen, sollte eine systematische Prüfung durch eine andere Person als den Entwickler erfolgen und damit das 4-Augen-Prinzip angewendet werden.

Die Umsetzung der Sicherheitsfunktionen in die softwarebasierte Lösung sollte gemäß einer Spezifikation erfolgen. Diese sollte vollständig, widerspruchsfrei, lesbar und fortschreibbar sein. Ein Review mit alle Projektbeteiligten ist sinnvoll.

Mit einer unvollständigen Spezifikation kann man nur unvollständig verifizieren. Bei schlecht dokumentierten und unstrukturierten Programmen entstehen die Fehler bei späteren Modifikationen, insbesondere besteht die Gefahr von unerkannten Abhängigkeiten, so genannten Seiteneffekten. Dabei haben gerade bei fremdentwickelter Software gute Spezifikationen und Programmdokumentationen eine besonders fehlervermeidende Wirkung.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Leistungssteuernde Elemente

Die von den Schutzeinrichtungen und der Logikeinheit ausgelöste Sicherheitsfunktion muss eine Gefahr bringende Bewegung stoppen. Hierfür werden üblicherweise die Antriebs-/Arbeitselemente durch leistungssteuernde Elemente abgeschaltet.

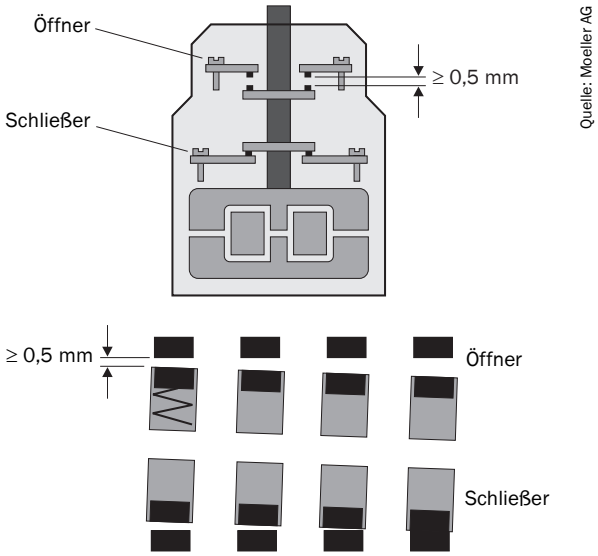
➜ Prinzip des Ausschalten/Energieabschaltung: EN ISO 13849-2 (B-Norm)

Schütze

Die meistverwendete Art leistungssteuernder Elemente sind elektromechanische Schütze. Durch spezielle Auswahlkriterien, Beschaltungen und Maßnahmen können ein oder mehrere Schütze ein Teilsystem der Sicherheitsfunktion sein. Durch Schutz der Kontakte gegen Überstrom und Kurzschlüsse, Überdimensionierung (üblicherweise Faktor 2) und andere Maßnahmen wird ein Schütz als bewährtes Bauteil angesehen. Um Schütze für Sicherheitsfunktionen diagnostizieren zu können, ist eine eindeutige Rückmeldung des Schaltzustands nötig. Dies ist durch ein Schütz mit zwangsgeführten Kontakten möglich. Zwangsführung ist dann gegeben, wenn die Kontakte in einem Kontaktsatz mechanisch so miteinander verbunden sind, dass über die gesamte Lebensdauer hinweg niemals Schließer und Öffner gleichzeitig geschlossen sein können.

Der Begriff der „zwangsgeführten Kontakte“ bezieht sich zunächst auf Hilfsschütze und Hilfskontakte. Es muss auch im gestörten Zustand (ein Kontakt verschweißt) ein definierter Kontaktabstand von mindestens 0,5 mm am Öffner gewährleistet sein. Da bei Leistungsschützen für kleine Schaltleistungen (< 4 kW) kein wesentlicher Unterschied zwischen den Hauptschaltgliedern und den Hilfsschaltgliedern besteht, kann man bei kleinen Leistungsschützen ebenfalls von „zwangsgeführten Kontakten“ sprechen.

Für größere Leistungsschütze kommen so genannte „Spiegelkontakte“ zum Einsatz: Während irgendein Hauptkontakt eines Schützes geschlossen ist, darf kein Spiegelkontakt (Hilfsöffner) geschlossen sein. Eine typische Anwendung für Spiegelkontakte ist die hochzuverlässige Überwachung des Schaltzustands eines Schützes in Steuerstromkreisen von Maschinen.



Quelle: Moeller AG

Schutzbeschaltung

Induktivitäten, wie Spulen von Ventilen oder Schützen, müssen zur Begrenzung von transienten Überspannungen beim Abschalten mit einer Schutzbeschaltung versehen werden. Damit werden die schaltenden Elemente vor Überbeanspruchung geschützt, insbesondere die gegen Überspannung besonders empfindlichen Halbleiter. In der Regel haben solche Beschaltungen einen Einfluss auf die Abfallverzögerung. Eine einfache Diode zur Funkenlöschung kann eine bis zu 14-fache Abschaltzeit zur Folge haben.

Schutzbeschaltung (über Induktivität)	Diode	Diodenkombination	Varistor	RC-Glied
Überspannung	++	+	o	+[1)]
Abfallverzögerung	– –	o	+	+[1)]

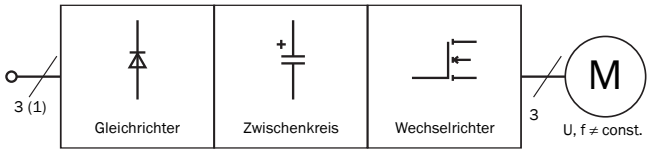
1) Exakte Abstimmung auf Induktivität erforderlich!

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Servo- und Frequenzumrichter

In der Antriebstechnik haben heute Drehstromantriebe mit Frequenzumrichtern die Gleichstromantriebe weitgehend verdrängt. Dabei erzeugt der Umrichter aus dem starren Drehstromnetz eine in Frequenz und Amplitude variable Ausgangsspannung. Je nach Ausführung können geregelte Gleichrichter die beim Abbremsen vom Zwischenkreis aufgenommene Energie in das Netz zurückspeisen.

Der Gleichrichter speichert die aus dem Netz zugeführte elektrische Energie im Gleichspannungszwischenkreis. Der Wechselrichter formt daraus durch Pulsweitenmodulation mit Halbleiterschaltern ein geeignetes Drehfeld im Motor, um die gewünschten Regelfunktionen auszuführen. Übliche Schaltfrequenzen hierfür liegen zwischen 4 kHz und 12 kHz.



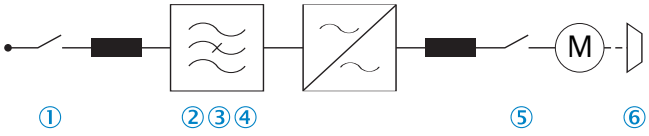
Checkliste

- Netzeingangsfilter am Frequenzumrichter eingebaut?
- Ausgangskreis des Umrichters mit Sinusfilter versehen?
- Verbindungsleitungen möglichst kurz und geschirmt?
- Komponenten und Schirme großflächig mit Erde/PE verbunden?
- Kommutierungsdrossel zur Spitzenstrombegrenzung vorgeschaltet?

Zur Begrenzung transienter Überspannungen durch das Schalten von Lasten in Gleich- und Wechselstromkreisen sind Entstörbauelemente einzusetzen, insbesondere bei Einsatz von sensiblen elektronischen Baugruppen im gleichen Schaltschrank.

Sicherheitsfunktionalität bei Servo und Frequenzumrichter

Für eine sichere Trennung des Motors von der Spannungsversorgung sind mehrere Abschaltpfade möglich.



① Netzschütz – ungünstig wegen langer Wiedereinschaltzeit, hoher Verschleiß wegen Anlaufstrom
② Reglerfreigabe
③ Impulssperre „Sichere Wiederanlaufsperre (Halt)“
④ Sollwert
⑤ Motorschütz – nicht bei allen Umrichtern erlaubt
⑥ Haltebremse – üblicherweise keine Arbeitsbremse

Zunehmend sind Sicherheitsfunktionalitäten in Servoantrieben und Frequenzumrichter integriert.

Beispiele:

- STO – Safe Torque Off = sichere Wiederanlaufsperre
- SS1 – Safe Stop 1 = überwachtes Bremsen, STO nach Zeit oder Stillstand
- SS2 – Safe Stop 2 = überwachtes Bremsen bis SOS
- SOS – Safe Operating Stop = sicherer Betriebshalt in Lageregelung
- SLS – Safe Limited Speed = sichere begrenzte Geschwindigkeit
- SLI – Safe Limited Increment of Position = sicher begrenztes Schrittmaß

Die am häufigsten vorzufindene Funktion STO schaltet die impulssteuernde Stufe des Umrichter sicherheitsbezogen je nach Ausführungsform ein- oder zweikanalig ab.

Bei einkanaliger Ansteuerung müssen zusätzliche Maßnahmen getroffen werden, um bei einem internen Fehler des Umrichters die Sicherheitsfunktion zu gewährleisten. Hierfür ist ein Rückmeldungsignal in der Steuerung auszuwerten.

➜ Funktionale Sicherheit bei Leistungsantrieben EN 61800-5-2 (B-Norm)

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Fluidtechnische Steuerungen

Ventile

Alle Ventile benötigen an den beweglichen Bauteilen zylindrische Führungen. Die häufigsten Ursachen, die zum Versagen von Ventilen führen, sind:

- Versagen einer Rückstellfeder
- Verunreinigung des Fluids

Die Verwendung einer „sicherheitstechnisch bewährten Feder“ ist als bewährtes Sicherheitsprinzip vorzusehen.

Wichtiges Unterscheidungsmerkmal der Ventile ist die Ausführung des beweglichen Ventilkörpers innerhalb des Ventils.

Sitzventile treffen beim Schließen auf einen entsprechenden Sitz im Gehäuse und kommen in einer festen Lage zum Stillstand. Mit geschliffenen Sitzflächen kann ein völlig dichtes Verschließen des Durchflussweges erreicht werden.

Bei Kolbenventilen schließt der Ventilkörper durch Überfahren einer Bohrung/Umfangsnut den Durchflussweg oder gibt ihn frei. Die schließenden Kanten, die bei dem Übergang von einer Schaltstellung zur anderen die so genannte Überdeckung bestimmen, werden als Steuerkanten bezeichnet. Der für die Funktion erforderliche Spalt zwischen Kolben und Gehäusebohrung führt zu einer Leckage von der Seite des höheren Drucks zur Seite des niedrigeren Drucks.

Sicherheitstechnische Gestaltungsprinzipien

Zum sicherheitsbezogenen Einsatz von Ventilen kann eine Rückmeldung der Ventilstellung erforderlich sein. Hierzu sind unterschiedliche Verfahren im Einsatz:

- Reedschalter, die von einem in den beweglichen Ventilkörper eingelassenen Magneten betätigt werden
- induktive Näherungsschalter, die von dem beweglichen Ventilkörper direkt betätigt werden
- analoge Wegerfassung des beweglichen Ventilkörpers
- Druckmessung hinter dem Ventil

Bei elektromagnetisch betätigten Ventilen ist analog zu einem Schütz eine Schutzbeschaltung der Magnetspule erforderlich.

Filterkonzept

Die überwiegende Mehrzahl von Ausfällen fluidtechnischer Steuerungen lassen sich auf Störungen im Zusammenhang mit der Verschmutzung des jeweiligen Fluids zurückführen. Die zwei wesentlichen Ursachen sind:

- bei der Montage anfallende Verunreinigungen = Montageschmutz (z. B. Späne, Formsand, Putzlappenfasern, Grundverschmutzung)
- im Betrieb anfallende Verunreinigungen = Betriebsschmutz (z. B. Umgebungsschmutz, Komponentenabrieb)

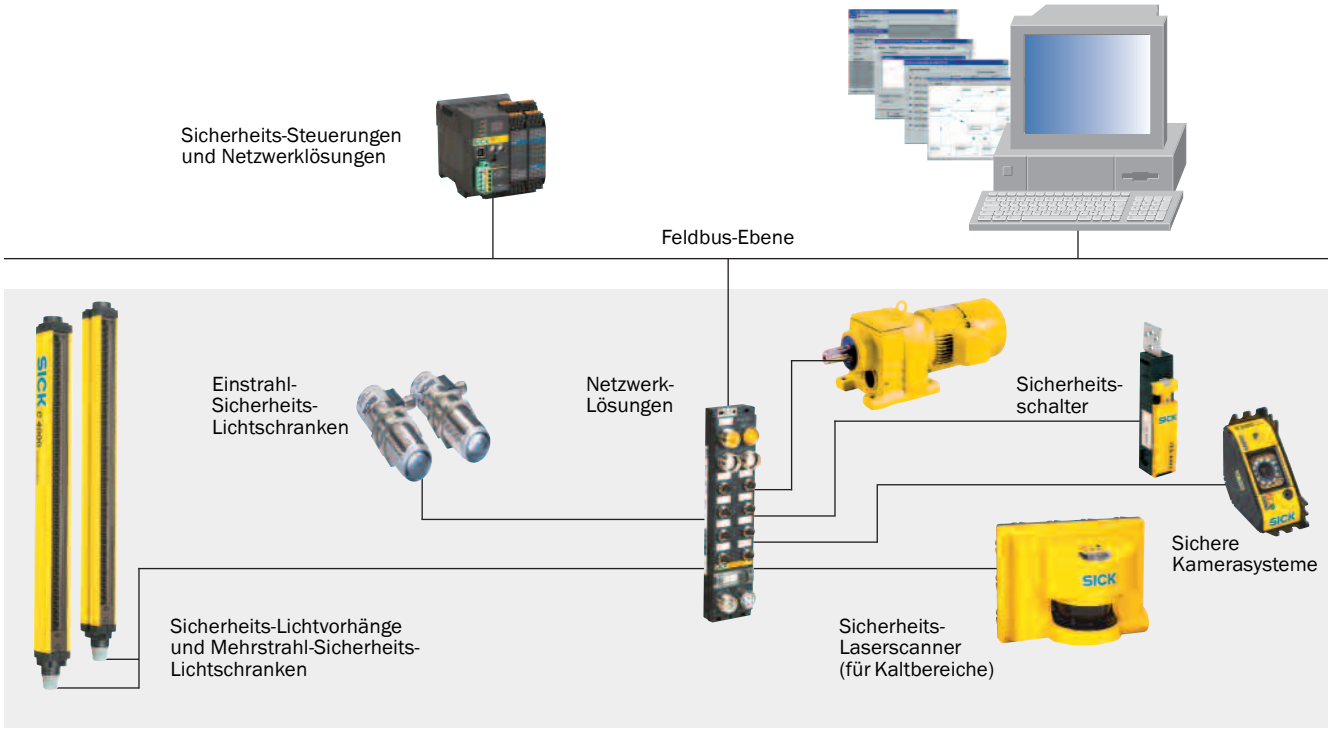
Diese Verunreinigung müssen mit Hilfe von Filtern auf ein akzeptables Maß reduziert werden.

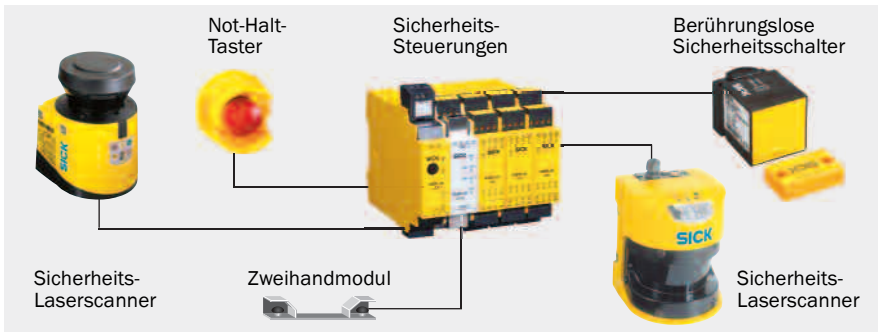
Unter einem Filterkonzept versteht man die geeignete Wahl eines Filterprinzips für die geforderte Aufgabe sowie die Anordnung der Filter an einem zweckmäßigen Wirkort. Das Filterkonzept muss so ausgelegt sein, dass es in der Lage ist, den zum gesamten System neu hinzukommenden Schmutz im Filter zurückzuhalten, um dadurch die geforderte Reinheit während der gesamten Betriebsdauer einzuhalten.

→ Bewährte Sicherheitsprinzipien: EN ISO 13849-2 (B-Norm)
→ Sicherheitstechnische Anforderungen an hydraulische/pneumatische Anlagen: EN 982, EN 983
→ Alterungsprozess von hydraulischen Ventilen: BIA-Report 6/2004

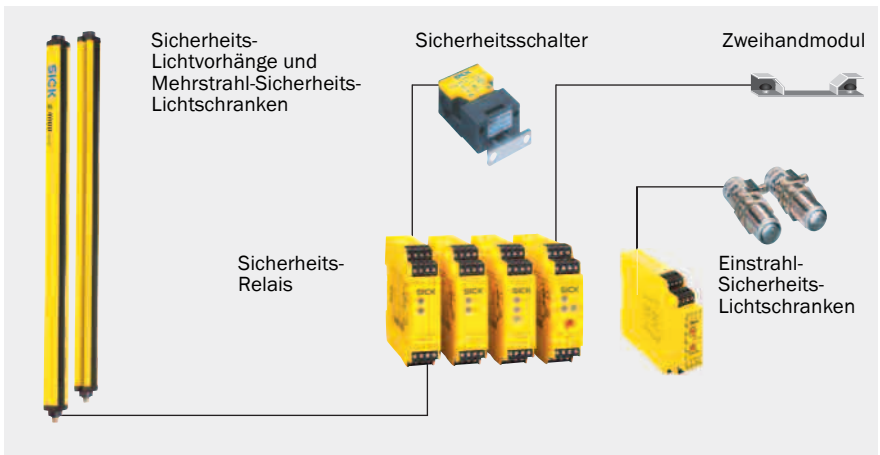
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Produktauswahl





Konfigurations- und Diagnosesoftware



Safexpert®

Sicherheitsengineering von Maschinen und Anlagen: Sicheres Konstruieren, Risikobeurteilung und Dokumentation

→ Alle Produkte finden Sie online im Produktfinder unter http://www.sick.com/.

3 c

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Zusammenfassung: Entwerfen der Sicherheitsfunktion

Grundsätzliches

- Entwickeln Sie ein Sicherheitskonzept. Berücksichtigen Sie dabei die Merkmale der Maschine, die Merkmale der Umgebung, die menschliche Eigenschaften, die Merkmale des Designs und die Merkmale von Schutzeinrichtungen.
- Sicherheitsfunktionen werden in der Regel aus den Teilsystemen Sensor, Logik und Aktor gebildet. Das Sicherheitsniveau jedes Teilsystems lässt sich aus folgenden sicherheitstechnischen Kenngrößen ermitteln: Struktur, Zuverlässigkeit, Diagnose, Resistenz und Prozess.

Eigenschaften und Anwendung von Schutzeinrichtungen

- Ermitteln Sie die notwendigen Eigenschaften für Ihre Schutzeinrichtung. Benötigen Sie z. B. eine oder mehrere berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS), trennende Schutzeinrichtungen, beweglich trennende Schutzeinrichtungen oder ortsbindende Schutzeinrichtungen?
- Ermitteln Sie die korrekte Positionierung und Dimension für jede Schutzeinrichtung, insbesondere den Sicherheitsabstand und die notwendige Schutzfeldgröße/-höhe der jeweiligen Schutzeinrichtung.
- Integrieren Sie die Schutzeinrichtungen wie es in der Betriebsanleitung angegeben und für das Sicherheitsniveau erforderlich ist.

Logikeinheiten

- Wählen Sie die richtige Logikeinheit in Abhängigkeit von der Anzahl der Sicherheitsfunktionen und der Logiktiefe aus.
- Nutzen Sie zertifizierte Funktionsbausteine und halten Sie Ihr Design überschaubar.
- Lassen Sie den Entwurf und die Dokumentation gründlich prüfen (4-Augen-Prinzip).

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Schritt 3d: Verifizieren der Sicherheitsfunktion

Bei der Verifizierung wird durch Analyse und/oder Prüfung darlegt, dass die Sicherheitsfunktion in jeder Hinsicht die Ziele und Anforderungen der Spezifikation erfüllt.

Die Verifizierung besteht im Wesentlichen aus zwei Teilen:

- Verifizierung der mechanischen Sicherheit
- Verifizierung der funktionalen Sicherheit

Verifizieren der mechanischen Ausführung der Schutzeinrichtung

Bei mechanischen Schutzeinrichtungen ist zu prüfen, ob sie die Anforderungen hinsichtlich der Trennung oder Distanzierung zu den Gefahrstellen und bzw. die Anforderungen hinsichtlich der Zurückhaltung von herausgeschleuderten Teilen oder Strahlungen erfüllen. Insbesondere sollte auf die Erfüllung der ergonomischen Anforderungen geachtet werden.

Trennende und/oder distanzierende Wirkung

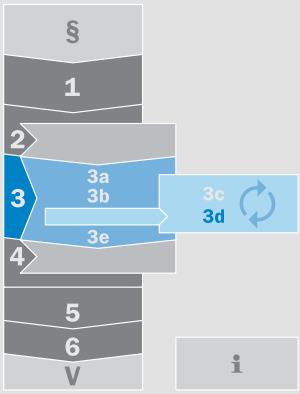
- ausreichender Sicherheitsabstand und Dimensionierung (Übergreifen, Untergreifen etc.)
- geeignete Maschenweite oder Gitterabstände bei Zaunelementen
- ausreichende Festigkeit und geeignete Befestigung
- Auswahl der geeigneten Werkstoffe
- sichere Gestaltung
- Alterungsbeständigkeit
- Gestaltung der Schutzeinrichtung so, dass ein Klettern an der Schutzeinrichtung nicht möglich ist

Zurückhalten von herausgeschleuderten Teilen und/oder von Strahlung

- ausreichende Festigkeit/Stoß-, Bruchfestigkeit (Rückhaltevermögen)
- ausreichendes Rückhaltevermögen für die in Frage kommende Strahlungsart, insbesondere bei thermischen Gefährdungen (Hitze, Kälte)
- geeignete Maschenweite oder Gitterabstände bei Zaunelementen
- ausreichende Festigkeit und geeignete Befestigung
- Auswahl der geeigneten Werkstoffe
- sichere Gestaltung
- Alterungsbeständigkeit

Ergonomische Anforderungen

- Durchsichtfähigkeit oder Transparenz (Beobachtung des Maschinenbetriebes)
- Gestaltung, Farbe, Ästhetik
- Handhabung (Gewicht, Betätigung etc.)



3 d

In diesem Kapitel ...	Seite
→ Verifizieren der mechanischen Ausführung	3-49
→ Verifizieren der funktionalen Sicherheit	3-51
→ Bestimmen des erreichten Performance Levels (PL) gemäß EN ISO 13849-1	3-51
→ Alternative: Bestimmung des erreichten Sicherheits-Integritätslevels (SIL) gemäß EN 62061	3-59
→ Hilfreiche Unterstützung	3-63
→ Zusammenfassung	3-63

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Die Prüfung der Wirksamkeit einer Schutzeinrichtung kann man anhand einer Checkliste durchführen:

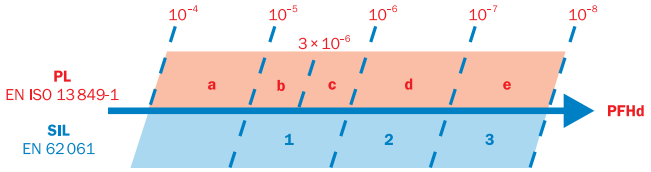
Beispiel: Checkliste für den Hersteller/Ausrüster zur Installation von Schutzeinrichtungen (z. B. einer BWS)		
1. Ist der Zugang/Zugriff zum Gefahrbereich/zur Gefahrstelle ausreichend verhindert und nur durch abgesicherte Bereiche (BWS/Schutztüren mit Verriegelungseinrichtung) möglich?	Ja ☐	Nein ☐
2. Sind Maßnahmen getroffen worden, die bei Gefahrbereichs-/Gefahrstellenabsicherung einen ungeschützten Aufenthalt im Gefahrbereich verhindern (mechanischer Hintertretschutz) oder überwachen und sind diese gegen Entfernen gesichert?	Ja ☐	Nein ☐
3. Wurde die maximale Stoppzeit bzw. Nachlaufzeit der Maschine nachgemessen und ist sie (an der Maschine und/oder in den Maschinenunterlagen) angegeben und dokumentiert?	Ja ☐	Nein ☐
4. Wird der erforderliche Sicherheitsabstand der Schutzeinrichtung zur nächstliegenden Gefahrstelle eingehalten?	Ja ☐	Nein ☐
5. Wird Untergreifen/Übergreifen, Untersteigen/Übersteigen oder Umgreifen der Schutzeinrichtung wirksam verhindert?	Ja ☐	Nein ☐
6. Sind die Geräte/Schalter ordnungsgemäß befestigt und nach erfolgter Justage gegen Verschieben gesichert?	Ja ☐	Nein ☐
7. Sind die erforderlichen Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag wirksam (Schutzklasse)?	Ja ☐	Nein ☐
8. Ist das Befehlsgerät zum Rücksetzen der Schutzeinrichtung bzw. zum Wiederanlaufen der Maschine vorhanden und vorschriftsmäßig angebracht?	Ja ☐	Nein ☐
9. Sind die für die Schutzeinrichtungen verwendeten Komponenten entsprechend den Herstellerangaben eingebunden?	Ja ☐	Nein ☐
10. Sind bei jeder Einstellung des Betriebsartenwahlschalters die angegebenen Schutzfunktionen wirksam?	Ja ☐	Nein ☐
11. Ist die Schutzeinrichtung während des gesamten Gefahr bringenden Zustandes wirksam?	Ja ☐	Nein ☐
12. Wird bei Aus- bzw. Abschalten der Schutzeinrichtungen sowie beim Umschalten der Betriebsarten oder beim Umschalten auf eine andere Schutzeinrichtung ein eingeleiteter Gefahr bringender Zustand gestoppt?	Ja ☐	Nein ☐
13. Sind die der Schutzeinrichtung beiliegenden Hinweise für den Bediener gut sichtbar angebracht?	Ja ☐	Nein ☐

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Verifizieren der funktionalen Sicherheit

Entsprechend der Normen für die funktionale Sicherheit ist zu prüfen, ob das **Soll**-Sicherheitsniveau dem **Ist**-Sicherheitsniveau entspricht. Hier stehen zwei unterschiedliche Methoden zur Verfügung:

- Bestimmen des erreichten Performance Levels (PL) gemäß EN ISO 13849-1
- Bestimmen des erreichten Sicherheits-Integritätslevels (SIL) gemäß EN 62061



Beide Methoden überprüfen, ob das verbleibende Restrisiko akzeptabel ist. Als quantitative Kenngröße wird hierfür der PFHd-Wert ermittelt.

In den beiden nachfolgenden Beispielen (➔ 3-57 und ➔ 3-62) sind die Daten von Sensor und Logik vorhanden, die des Aktors nicht.

- PL Performance Level: Fähigkeit von sicherheitsbezogenen Teilen, eine Sicherheitsfunktion unter vorhersehbaren Bedingungen auszuführen, um die erwartete Risikominderung zu erfüllen
- PFHd: Wahrscheinlichkeit eines Gefahr bringenden Ausfalls pro Stunde
- SILCL: SIL-Anspruchsgrenze (Eignung). Diskrete Stufe zur Feststellung der Integrität der Sicherheitsfunktion

EN ISO 13849-1

Sensor	Logik	Aktor
PL	PL	?

EN 62061

Sensor	Logik	Aktor
PFHd SILCL	PFHd SILCL	? ?

Bestimmen des erreichten Performance Levels (PL) gemäß EN ISO 13849-1

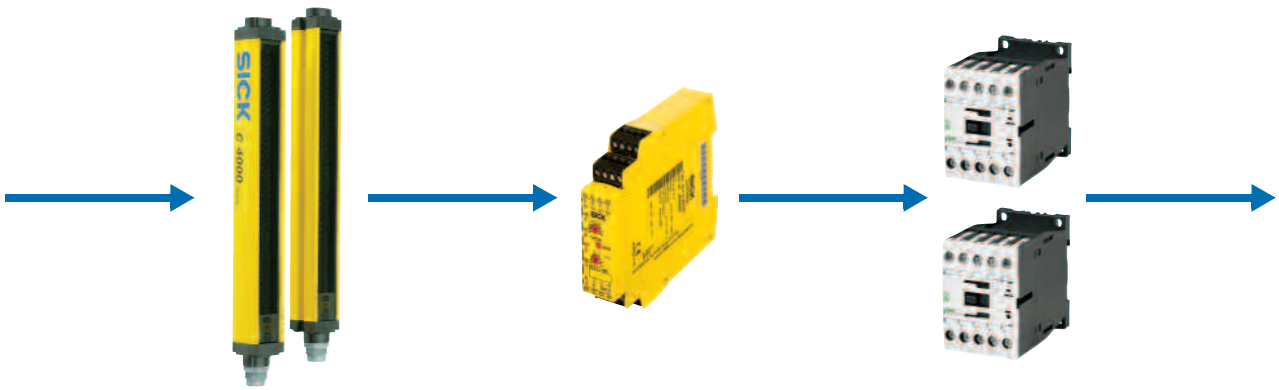
Die EN ISO 13849-1 sieht zwei Verfahren zum Bestimmen des Performance Levels vor:

- **Vereinfachtes Verfahren** (➔ 3-52):
  Tabellarische Bestimmung des Performance Levels anhand der Performance Level der Teilsysteme
- **Detailliertes Verfahren** (➔ 3-52):
  Berechnung des Performance Levels anhand der PFHd-Werte der Teilsysteme. (Dieses Verfahren ist in der Norm nur indirekt beschrieben.)

Mit dem detaillierten Verfahren können oft realistischere Performance Levels errechnet werden, als es mit dem vereinfachten Verfahren möglich ist. Für beide Verfahren sind zusätzlich strukturelle und systematische Aspekte zur Erreichung des Performance Levels zu berücksichtigen.

Teilsysteme

Eine Sicherheitsfunktion, die mit Hilfe steuerungstechnischer Maßnahmen realisiert wird, besteht i. d. R. aus Sensor, Logik und Aktor. Eine solche Kette kann einerseits diskrete Elemente wie Schutztürverriegelungen oder Ventile als auch komplexe Sicherheits-Steuerungen enthalten. Es ist in der Regel daher notwendig, eine Sicherheitsfunktion in Teilsysteme zu unterteilen.



In der Praxis werden für bestimmte Sicherheitsfunktionen vielfach bereits zertifizierte Teilsysteme verwendet. Diese Teilsysteme können z. B. Lichtvorhänge aber auch Sicherheits-Steuerungen sein, für die bereits „vorgerechnete“ PL bzw. PFHd-Werte vom Hersteller der Komponente geliefert werden. Diese Werte gelten nur innerhalb einer vom Hersteller anzugebenden Gebrauchsdauer. Neben den quantifizierbaren Aspekten müssen auch die Maßnahmen gegen systematische Ausfälle verifiziert werden.

➔ Weitere Angaben hinsichtlich der Validierung: EN ISO 13849-2
➔ Eine Vielzahl von Informationen zur Verifizierung mit EN ISO 13849-1 finden Sie unter www.dguv.de/bgia/13849.

3 d

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Vereinfachtes Verfahren

Dieses Verfahren erlaubt auch ohne Kenntnis einzelner PFHd-Werte für viele Applikationen eine hinreichend genaue Abschätzung des Gesamt-PL. Ist der PL aller Teilsysteme bekannt, kann mit Hilfe der nachfolgenden Tabelle der erreichte Gesamt-PL einer Sicherheitsfunktion bestimmt werden.

Vorgehensweise

- Ermitteln Sie den PL des Teilsystems/der Teilsysteme mit dem niedrigsten PL in einer Sicherheitsfunktion: **PL (low)**
- Bestimmen Sie die Anzahl der Teilsysteme mit diesem PL (low): **n (low)**

Beispiel 1:

- Alle Teilsysteme erreichen den PL „e“, der niedrigste PL (low) ist also „e“.
- Die Anzahl der Teilsysteme mit diesem PL ist 3 (also ≤ 3). Daher ist der erreichte Gesamt-PL „e“.
- Das Hinzufügen eines weiteren Teilsystems mit dem PL „e“ würde nach diesem Verfahren den Gesamt-PL auf „d“ reduzieren.

Beispiel 2:

- Ein Teilsystem erreicht den PL „d“, zwei den PL „c“. Der niedrigste PL (low) ist also „c“.
- Die Anzahl der Teilsysteme mit diesem PL ist 2 (also ≤ 2). Daher ist der erreichte Gesamt-PL „c“.

PL (low) (niedrigster PL eines Teilsystems)	n (low) (Anzahl der Teilsysteme mit diesem PL)	PL (Maximal erreichbarer PL)
a	> 3	–
	≤ 3	a
b	> 2	a
	≤ 2	b
c	> 2	b
	≤ 2	c
d	> 3	c
	≤ 3	d
e	> 3	d
	≤ 3	e

→ Ist der PL nicht für alle Teilsysteme bekannt, so kann deren Sicherheitsniveau gemäß dem Abschnitt „Ermitteln des Sicherheitsniveaus eines Teilsystems gemäß EN ISO 13849-1“ weiter unten ermittelt werden.

Detailliertes Verfahren

Ein wesentliches – jedoch nicht ausschließliches – Kriterium zur Bestimmung des PL ist die „Wahrscheinlichkeit eines Gefahr bringenden Ausfalls pro Stunde (PFHd)“ der Sicherheitskomponenten. Der resultierende PFHd-Wert setzt sich aus der Summe der Einzel-PFHd-Werte zusammen.

Darüber hinaus können vom Hersteller einer Sicherheitskomponente auch noch zusätzliche strukturelle Einschränkungen getroffen worden sein, die ebenfalls bei der Gesamtbetrachtung berücksichtigt werden müssen.

→ Ist der PFHd-Wert nicht für alle Teilsysteme bekannt, so kann deren Sicherheitsniveau ermittelt werden. Siehe Ermitteln des Sicherheitsniveaus eines Teilsystems gemäß EN ISO 13849-1 weiter unten.

Ermitteln des Sicherheitsniveaus eines **Teilsystems** gemäß EN ISO 13849-1

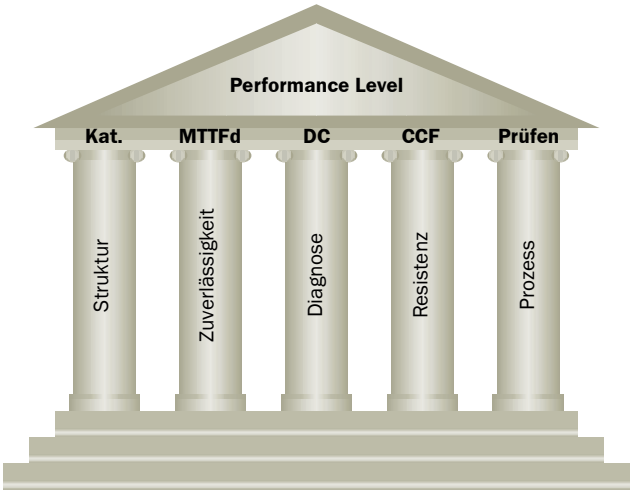
Ein sicherheitstechnisches Teilsystem kann durch eine Vielzahl von einzelnen Komponenten, auch unterschiedlicher Hersteller, gebildet werden. Beispiele solcher Komponenten sind:

- eingangsseitig: zwei Sicherheitsschalter an einer trennenden Schutzeinrichtung
- ausgangsseitig: ein Schütz und ein Frequenzumrichter zum Stoppen einer Gefahr bringenden Bewegung

In diesen Fällen muss der PL für dieses Teilsystem selbstständig ermittelt werden.

Der erreichte Performance Level für ein Teilsystem setzt sich aus den nachfolgenden Parametern zusammen:

- Struktur sowie Verhalten der Sicherheitsfunktion unter Fehlerbedingungen (Kategorie, → 3-53)
- MTTFd-Werte einzelner Bauteile (→ 3-54)
- Diagnosedeckungsgrad (DC, → 3-55)
- Fehler aufgrund gemeinsamer Ursache (CCF, → 3-55)
- sicherheitsrelevante Softwareaspekte
- systematische Ausfälle



© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Kategorie der sicherheitsbezogenen Teile von Steuerungen (EN ISO 13849-1)

Teilsysteme sind in der Regel einkanalig oder zweikanalig aufgebaut. Einkanalige Systeme reagieren ohne weitere Maßnahmen auf Fehler mit einem Gefahr bringenden Ausfall. Durch zusätzliche testende Komponenten oder zweikanalige Systeme, die sich gegenseitig prüfen, lassen sich Fehler erkennen. Die Klassifizierung der Struktur erfolgt in der EN ISO 13849-1 durch Kategorien.

Kategorie	Kurzfassung der Anforderungen	Systemverhalten	Prinzipien zum Erreichen der Sicherheit
B	Die sicherheitsbezogenen Teile von Steuerungen und/oder ihre Schutzeinrichtungen sowie ihre Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den zutreffenden Normen so gestaltet, gebaut, ausgewählt, zusammengestellt und kombiniert werden, dass sie den zu erwartenden Einflüssen standhalten können.	■ Das Auftreten eines Fehlers kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.	Überwiegend durch Auswahl von Bauteilen charakterisiert
1	Die Anforderungen von Kategorie B müssen erfüllt sein. Bewährte Bauteile und bewährte Sicherheitsprinzipien müssen angewendet werden.	■ Das Auftreten eines Fehlers kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen, aber die Wahrscheinlichkeit des Auftretens ist geringer als bei Kategorie B.	
2	Die Anforderungen von Kategorie B und die Verwendung bewährter Sicherheitsprinzipien müssen erfüllt sein. Die Sicherheitsfunktion muss in geeigneten Zeitabständen durch die Maschinensteuerung geprüft werden (Testrate 100 Mal höher als Anforderungsrate).	■ Das Auftreten eines Fehlers kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion zwischen den Prüfungen führen. ■ Der Verlust der Sicherheitsfunktion wird durch die Prüfung erkannt.	Überwiegend durch die Struktur charakterisiert
3	Die Anforderungen von Kategorie B und die Verwendung bewährter Sicherheitsprinzipien müssen erfüllt sein. Sicherheitsbezogene Teile müssen so gestaltet sein, dass ... ■ ein einzelner Fehler in jedem dieser Teile nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt und ■ wann immer in angemessener Weise machbar, der einzelne Fehler erkannt wird.	■ Wenn der einzelne Fehler auftritt, bleibt die Sicherheitsfunktion immer erhalten. ■ Einige, aber nicht alle Fehler werden erkannt. ■ Eine Anhäufung unerkannter Fehler kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.	
4	Die Anforderungen von Kategorie B und die Verwendung bewährter Sicherheitsprinzipien müssen erfüllt sein. Sicherheitsbezogene Teile müssen so gestaltet sein, dass: ■ ein einzelner Fehler in jedem dieser Teile führt nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion **und** ■ der einzelne Fehler wird bei oder vor der nächsten Anforderung an die Sicherheitsfunktion erkannt **oder** ■ wenn dies nicht möglich ist, dann führt eine Anhäufung von Fehlern nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion.	■ Wenn Fehler auftreten, dann bleibt die Sicherheitsfunktion immer erhalten. ■ Die Fehler werden rechtzeitig erkannt, um einen Verlust der Sicherheitsfunktion zu verhindern.	

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Mittlere Zeit bis zu einem Gefahr bringenden Ausfall (MTTFd)

MTTF ist die Abkürzung für „mittlere Zeit bis zum Ausfall“ (Englisch: Mean Time To Failure). Für die Betrachtung gemäß EN ISO 13849-1 sind nur die Gefahr bringenden Ausfälle zu betrachten (daher „D“, Englisch für „dangerous“).

Dieser Wert stellt eine theoretische Kenngröße dar und drückt aus, wie wahrscheinlich ein Gefahr bringender Ausfall einer Komponente (nicht des gesamten Teilsystems) innerhalb der Lebensdauer der Komponente ist. Die eigentliche Lebensdauer des Teilsystem ist immer kürzer.

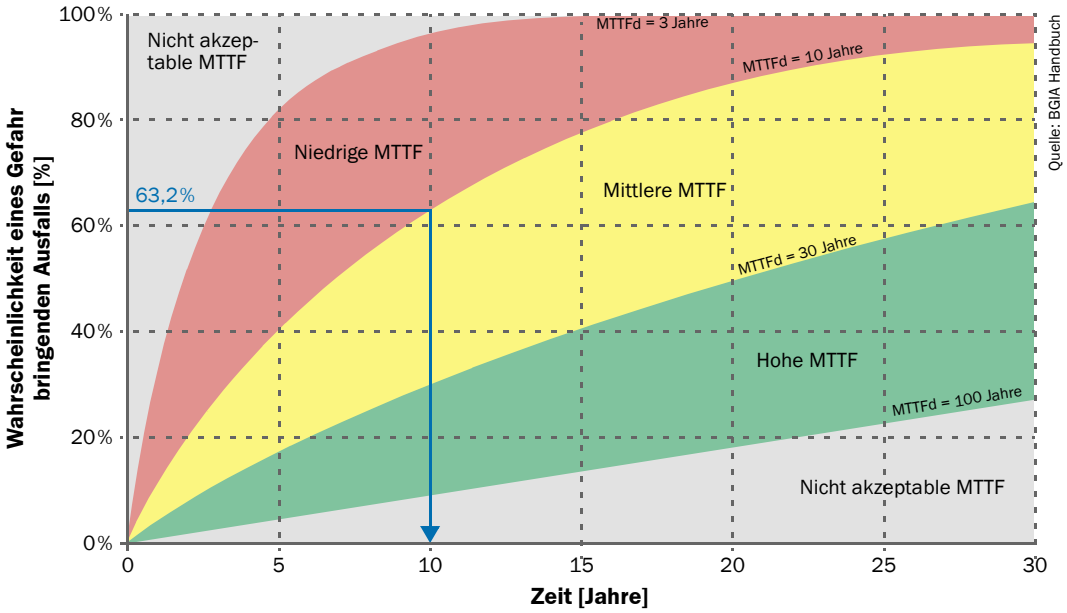
Der MTTF-Wert lässt sich aus den Ausfallraten ableiten. Ausfallraten sind:

- B10-Werte für elektromechanische oder pneumatische Komponenten. Hier hängt die Lebensdauer von der Schalthäufigkeit ab. B10 gibt die Anzahl der Schaltzyklen an, bis 10 % der Komponenten ausfallen.
- Bei elektronischen Komponenten: Ausfallrate Lambdawert λ. Oft wird die Ausfallrate in FIT (Failures In Time) angegeben. Ein Fit ist dabei ein Ausfall je 10^9 Stunden.

Die EN ISO 13849-1 fasst die MTTFd-Werte in Bereiche zusammen:

Bezeichnung	Bereich
Niedrig	3 Jahre ≤ MTTFd < 10 Jahre
Mittel	10 Jahre ≤ MTTFd < 30 Jahre
Hoch	30 Jahre ≤ MTTFd < 100 Jahre

Aus den Komponentenangaben lässt sich die mittlere Zeit bis zu dem Gefahr bringenden Ausfall in Jahren (MTTFd) errechnen. Um den Einfluss der Zuverlässigkeit nicht überzubewerten, wurde der nutzbare Höchstwert der MTTFd auf 100 Jahre begrenzt.



© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Diagnosedeckungsgrad (DC)

Das Sicherheitsniveau lässt sich erhöhen, wenn Teilsysteme intern getestet werden. Der Diagnosedeckungsgrad (DC – Diagnostic Coverage) ist ein Maß für die Aufdeckung von Fehlern. Schlechte Tests decken nur wenige, gute Tests viele oder sogar alle Fehler auf.

Anstelle der genauen Analyse (FMEA) schlägt die EN ISO 13849-1 Maßnahmen vor und quantifiziert den DC. Auch hier erfolgt eine Unterteilung in verschiedene Bereiche.

Bezeichnung	Bereich
Kein	DC < 60 %
Niedrig	60 % ≤ DC < 90 %
Mittel	90 % ≤ DC < 99 %
Hoch	99 % ≤ DC

Fehler aufgrund gemeinsamer Ursache – Resistenz

Externe Einflüsse (z. B. Spannungspegel, Übertemperatur) können gleiche Komponenten schlagartig unbrauchbar machen, egal wie selten diese ausfallen oder wie gut diese getestet werden. (Auch zwei Augen können keine Zeitung mehr lesen, wenn plötzlich das Licht ausfällt.) Diese Fehler gemeinsamer Ursache sind stets zu vermeiden (CCF – Common Cause Failure).

Hierfür überprüft die EN ISO 13849-1 eine Reihe von Betrachtungen und verlangt eine Mindestanzahl von positiven Umsetzungen.

Anforderung		Maximaler Wert	Mindestanforderung
Trennung	Trennung der Signalkreise, getrennte Verlegung, Isolierung, Luftstrecken etc.	**15**	**Gesamtwert ≥ 65**
Diversität	Verschiedene Technologien, Komponenten, Wirkungsweisen, Design	**20**	
Entwurf, Anwendung, Erfahrung	Schutz gegen Überlast, Überspannung, Überdruck etc. (je nach Technologie)	**15**	
	Verwendung von über Jahren bewährter Komponenten und Verfahren	**5**	
Analyse, Beurteilung	Verwendung einer Fehleranalyse zur Vermeidung von Fehlern gemeinsamer Ursache	**5**	
Kompetenz/ Ausbildung	Schulung der Designer, um Ursachen und Folgen von CCF zu verstehen und zu vermeiden	**5**	
Umwelteinfluss	Test des Systems auf Beeinflussung durch EMV	**25**	
	Test des Systems auf Beeinflussung durch Temperatur, Schock, Vibration etc.	**10**	

Prozess

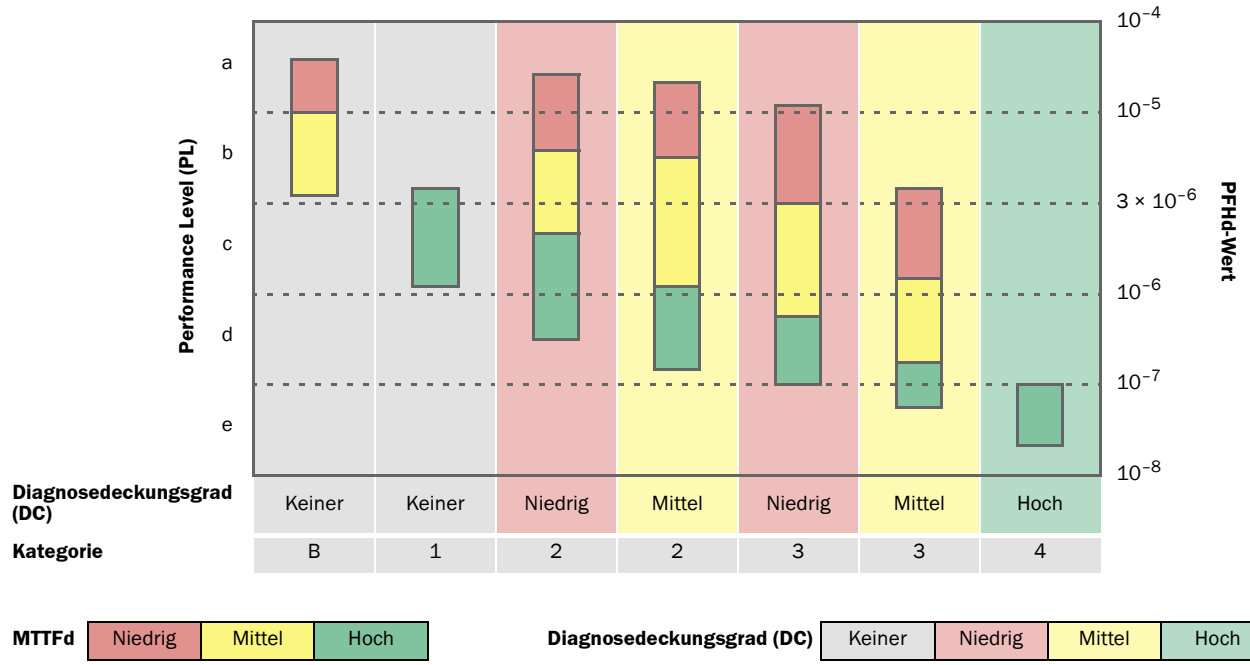
Um sicherzustellen, dass die vorangegangenen Aspekte richtig in der Hardware und Software umgesetzt, ausführlich getestet werden (4- Augen-Prinzip) und eine umfassende Dokumentation Rückschlüsse über Versions- und Änderungsstände gibt, sind verschiedene Hilfestellungen in der Norm zu berücksichtigen.

Der Prozess der richtigen Umsetzung sicherheitsrelevanter Themen ist Führungs- und Managementaufgabe und umfasst ein geeignetes Qualitätsmanagement.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Ermitteln des PL eines Teilsystems

Die folgende Abbildung zeigt den Zusammenhang zwischen dem MTTFd-Wert (je Kanal), dem DC sowie der Kategorie.



Ein Performance Level „d“ kann z. B. mit einer zweikanaligen Steuerung (Kategorie 3) realisiert werden. Dies kann entweder mit einer guten Bauteilqualität (MTTFd = mittel) erreicht werden, wenn fast alle Fehler erkannt werden (DC = mittel) oder es wird mit sehr guter Bauteilqualität (MTTFd = hoch) erreicht, wenn viele Fehler erkannt werden (DC = niedrig).

Hinter dieser Vorgehensweise verbirgt sich ein komplexes mathematisches Modell, das der Anwender jedoch nicht bemerkt.

Um den pragmatischen Ansatz zu gewährleisten, sind die Parameter Kategorie, MTTFd und DC vordefiniert.

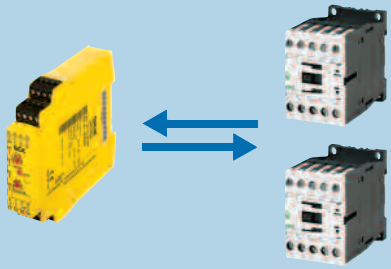
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Beispiel: Ermittlung des PL PL des Teilsystems „Aktor“

1) Definition des Teilsystems „Aktor“

Das Teilsystem „Aktor“ besteht aus zwei Schützen mit „Rückführung“. Durch die gegebene Zwangsführung der Schützkontakte ist es möglich ein sicherheitsrelevantes Versagen der Schütze zu erkennen.

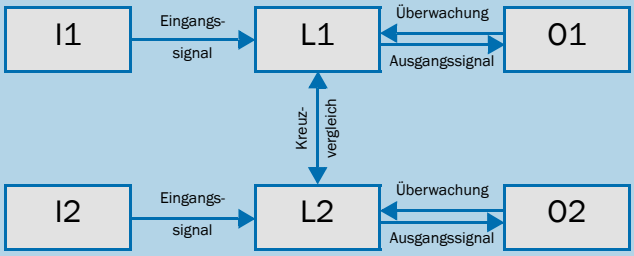
Die Logikeinheit UE410 selbst gehört nicht zum Teilsystem „Aktor“, wird aber für Diagnosezwecke verwendet.



2) Festlegung der Kategorie

Aufgrund der Ein-Fehler-Sicherheit (mit Fehlererkennung) ergibt sich die **Eignung für Kategorie 3 oder 4**.

Hinweis: Die endgültige Bestimmung der Kategorie erfolgt nach Festlegung des DC-Wertes.



3) Bestimmung der MTTFd je Kanal

Da es sich bei Schützen um verschleißbehaftete Komponenten handelt, muss mittels des B_{10d}-Wertes und der geschätzten Schalthäufigkeit (n_{op}) der MTTFd ermittelt werden. Es gilt die nebenstehende Formel:

$$MTTFd = \frac{B_{10d}}{0,1 \times n_{op}}$$

Die Anzahl der Schalthäufigkeit setzt sich zusammen aus Betriebsstunden/Tag [h_{op}], Werktage/Jahr [d_{op}] sowie der Schalthäufigkeit je Stunde [C]:

Randbedingungen laut Hersteller:

- B_{10d} = 1300000
- C = 1/h (Annahme)
- d_{op} = 220 d/a
- h_{op} = 16 h/d

$$MTTFd = \frac{B_{10d}}{0,1 \times d_{op} \times h_{op} \times C}$$

Unter diesen Randbedingungen ergibt sich dann eine **MTTFd von 7386 Jahren** je Kanal, welcher als „hoch“ interpretiert wird.

MTTFd	Bereich
Niedrig	3 Jahre ≤ MTTFd < 10 Jahre
Mittel	10 Jahre ≤ MTTFd < 30 Jahre
Hoch	30 Jahre ≤ MTTFd <100 Jahre

4) Bestimmung des DC

Aufgrund der zwangsgeführten Kontakte kann gemäß der Maßnahmentabelle aus EN ISO 13849-1 ein **hoher DC (99%)** abgeleitet werden.

DC	Bereich
Kein	DC < 60%
Niedrig	60% ≤ DC < 90%
Mittel	90% ≤ DC < 99%
Hoch	99% ≤ DC

3 d

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Beispiel: Ermittlung des PL PL des Teilsystems „Aktor“

5) Bewertung der Maßnahmen zur Vermeidung des Common-Cause-Fehlers

Bei mehrkanaligen Systemen sind Maßnahmen zur Vermeidung des Common-Cause-Effekts umgesetzt. Die Bewertung der Maßnahmen erreicht die **Punktzahl von 75**. Die Mindestanforderung ist somit erfüllt.

Anforderung	Wert	Mindest-anforderung
Trennung	15	Gesamt-wert 75 ≥ 65
Diversität	20	
Entwurf, Anwendung, Erfahrung	20	
Analyse, Beurteilung	5	
Kompetenz/Ausbildung	5	
Umwelteinfluss	35	
	75	

6) Bewertung der Prozessmaßnahmen

Ebenso müssen systematische Aspekte zur Fehlervermeidung und -beherrschung berücksichtigt werden. Beispielsweise:

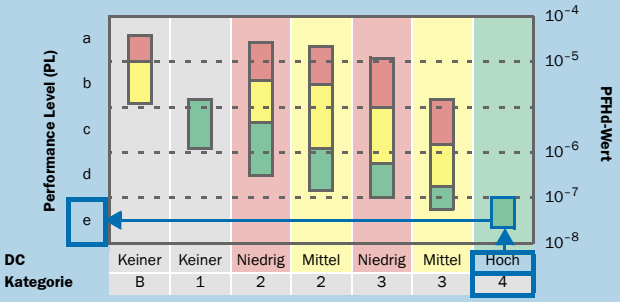
- Organisation und Kompetenz
- Designregeln (z. B. Spezifikationsvorlagen, Kodierungsrichtlinien)
- Prüfkonzept und Prüfkriterien
- Dokumentation und Konfigurationsmanagement

✔

7) Ergebnis

Aus der Abbildung zur Bestimmung des PL für das Teilsystem (➜ 3-56) kann der PL für das Teilsystem bestimmt werden. In diesem Fall wird der **PL „e“ erreicht**.

Der sich ergebende **PFHd-Wert von 2,47 × 10^{-8}** für dieses Teilsystem kann aus einer detaillierten Tabelle der EN ISO 13849-1 entnommen werden. Durch den hohen DC ergibt sich, dass die zweikanalige Struktur die Anforderungen der **Kategorie 4 erfüllt**.



➜ Mit den resultierenden Daten für das Teilsystem kann nun der erreichte Performance Level für die gesamte Sicherheitsfunktion ermittelt werden (siehe „Bestimmen des erreichten Performance Levels (PL) gemäß EN ISO 13849-1“ auf Seite 3-51).

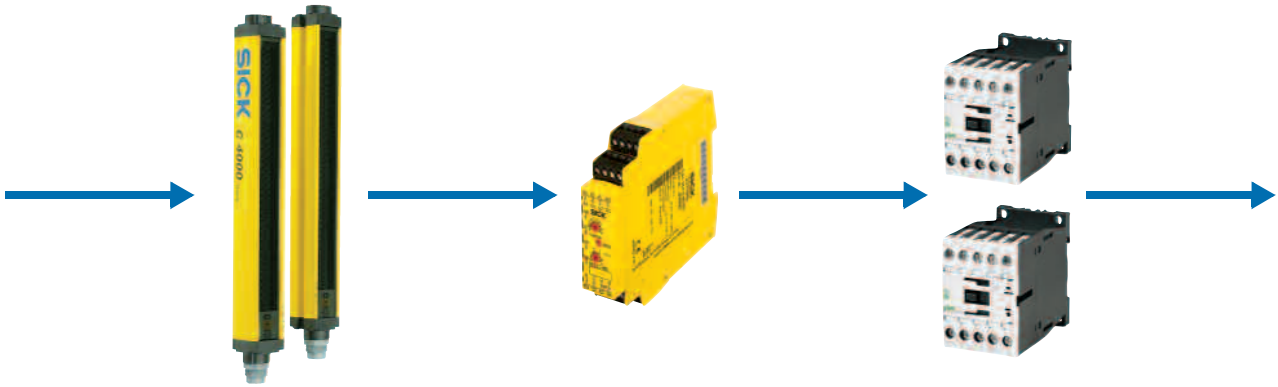
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Alternative: Bestimmung des erreichten Sicherheits-Integritätslevels (SIL) gemäß EN 62061

Die Bestimmung des erreichten Sicherheits-Integritätslevels (SIL) erfolgt auf Basis folgender Kriterien:

- der Sicherheitsintegrität der Hardware
  - strukturelle Einschränkungen (SILCL)
  - Wahrscheinlichkeit Gefahr bringender zufälliger Hardwareausfälle (PFHd)
- der Anforderungen zur systematischen Sicherheitsintegrität
  - Vermeidung von Ausfällen
  - Beherrschung systematischer Fehler

Hierbei wird – ähnlich wie bei der EN ISO 13849-1 – die Sicherheitsfunktion zunächst in Funktionsblöcke zerlegt und anschließend in Teilsysteme überführt.



Sicherheitsintegrität der Hardware

Bei der Betrachtung der gesamten Sicherheitsfunktion wird die Sicherheitsintegrität der Hardware dadurch bestimmt, dass ...

- der niedrigste SILCL eines Teilsystems den maximal erreichbaren SIL des Gesamtsystems einschränkt.
- der PFHd der gesamten Steuerung aus der Summe der einzelnen PFHd die Werte in der Abbildung „Verifizieren der funktionalen Sicherheit“ auf Seite 3-51 nicht überschreitet.

Beispiel

In obiger Abbildung erfüllen alle Teilsysteme den SILCL3. Die Addition der PFHd-Werte ist kleiner als 1×10^{-7}. Die relevanten Maßnahmen zur systematischen Sicherheitsintegrität sind umgesetzt. Daher erfüllt die Sicherheitsfunktion SIL3.

Systematische Sicherheitsintegrität

Wenn verschiedene Teilsysteme miteinander zu einer Steuerung verbunden werden, dann müssen zusätzlich Maßnahmen zur systematischen Sicherheitsintegrität getroffen werden.

Zu den Maßnahmen zur Vermeidung systematischer Hardwarefehler zählen u.a.

- Entwurf in Übereinstimmung mit dem Plan der funktionalen Sicherheit
- richtige Auswahl, Kombination, Anordnungen, Zusammenbau und Installation von Teilsystemen, einschließlich Verkabelung, Verdrahtung und anderer Verbindungen
- Verwendung innerhalb der Spezifikation des Herstellers
- Beachtung der Anwendungshinweise des Herstellers, z.B. Katalogangaben, Installationsanweisungen und Anwendung bewährter Konstruktionspraxis
- Berücksichtigung der Anforderungen hinsichtlich der elektrischen Ausrüstung gemäß EN 60204-1

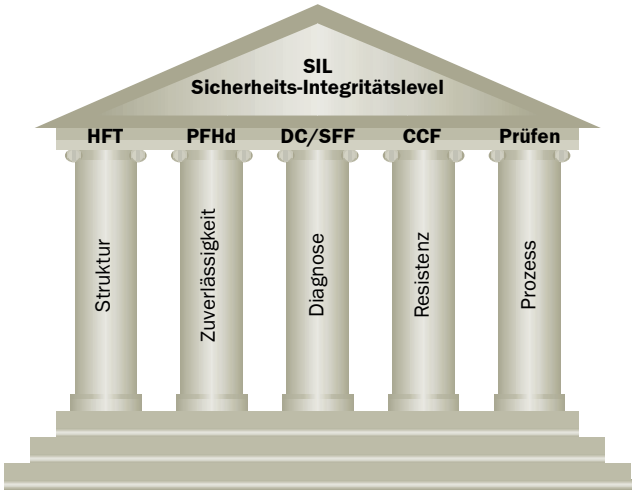
Darüber hinaus muss die Beherrschung systematischer Fehler berücksichtigt werden, wie z.B.

- Nutzung von Energieabschaltung zur Einleitung eines sicheren Zustands
- Maßnahmen zur Beherrschung der Auswirkungen von Fehlern und anderer Effekte, die von einem beteiligten Datenkommunikationsprozess herrühren, einschließlich Übertragungsfehler, Wiederholungen, Verlust, Einfügung, falsche Abfolge, Verfälschung, Verzögerung etc.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Ermitteln des Sicherheitsniveaus eines **Teilsystems** gemäß EN 62061

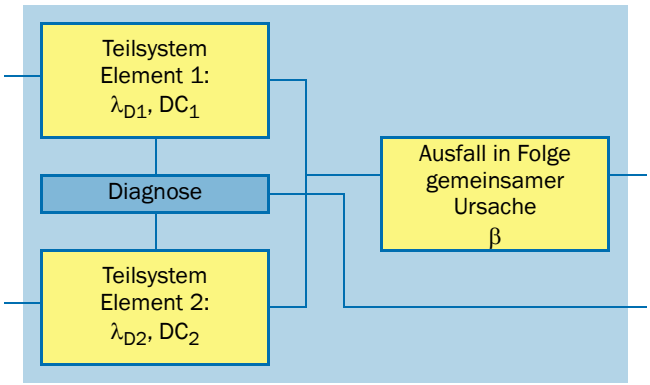
Auch in der EN 62061 ist die Ermittlung des Sicherheitsniveaus von Teilsystemen die aus der Verschaltung einzelner Komponenten bestehen, möglich.



- Der erreichte Sicherheits-Integritätslevel (SIL) für ein Teilsystem setzt sich aus den nachfolgenden Parametern zusammen:
- Hardwarefehlertoleranz (HFT)
- PFHd- Wert
- Anteil sicherer Ausfälle (SFF)
- Ausfall aufgrund gemeinsamer Ursache (CCF)
- sicherheitsrelevante Softwareaspekte
- systematische Ausfälle

Hardwarefehlertoleranz (HFT)

In der EN 62061 wird die Struktur über Teilsystemtypen und die Hardwarefehlertoleranz bestimmt (HFT).
HFT 0 bedeutet, dass mit einem einzelnen Fehler in der Hardware die Schutzwirkung aufgehoben sein kann (einkanalige Systeme). HFT 1 bedeutet, dass trotz eines einzelnen Fehlers in der Hardware die Schutzwirkung erhalten bleibt (zweikanalige Systeme).



Wahrscheinlichkeit Gefahr bringender zufälliger Hardwareausfälle (PFHd)

Neben den strukturellen Einschränkungen muss für jedes Teilsystem auch die „Wahrscheinlichkeit Gefahr bringender zufälliger Hardwareausfälle“ berücksichtigt werden. Anhand eines mathematischen Modells existiert für jeden Teilsystemtyp eine Formel zur Bestimmung des PFHd- Wertes, wobei die folgenden Parameter in die Berechnung eingehen:

- Diagnosedeckungsgrad
- Gebrauchsdauer
- Diagnosetestintervall
- Ausfallraten der Komponenten (λ_D)
- Ausfall aufgrund gemeinsamer Ursache (Common-Cause-Faktor β)

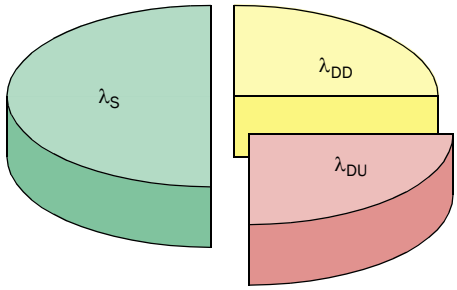
HFT = 1
Diagnose mit DC_1 und DC_2

$$PFHd = (1-\beta)^2 \times \left\{ \frac{\lambda_{D1} \times \lambda_{D2} \times (DC_1 + DC_2) \times T_D}{2} + \frac{\lambda_{D1} \times \lambda_{D2} \times (2 - DC_1 - DC_2) \times T_P}{2} + \beta \times \frac{\lambda_{D1} + \lambda_{D2}}{2} \right\}$$

$$PFHd \approx \beta \times \frac{\lambda_{D1} + \lambda_{D2}}{2}$$

Anteil sicherer Ausfälle (DC/SFF)

DC = 50%
SFF = 75%



Der „Anteil sicherer Ausfälle“, die SFF (safe failure fraction), ergibt sich aus dem Diagnosedeckungsgrad DC ($\lambda_{DD}/\lambda_{DU}$) sowie dem Anteil „sicherer Fehler“ (λ_S).

$$SFF = \frac{\sum \lambda_S + \sum \lambda_{DD}}{\sum \lambda_S + \sum \lambda_D}$$

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Ausfall aufgrund gemeinsamer Ursache (CCF) – Resistenz

Auch die EN 62061 verlangt eine Reihe von Betrachtungen bez. der Resistenz gegen Ausfälle gemeinsamer Ursache. Abhängig von der Anzahl der positiven Umsetzungen ergibt sich ein Common-Cause-Faktor (β).

Anforderung		Maximaler Wert
Trennung	Trennung der Signalkreise, getrennte Verlegung, Isolierung, Luftstrecken etc.	**15**
Diversität	Verschiedene Technologien, Komponenten, Wirkungsweisen, Design	**20**
Entwurf, Anwendung, Erfahrung	Schutz gegen Überlast, Überspannung, Überdruck etc. (je nach Technologie)	**15**
	Verwendung von über Jahren bewährter Komponenten und Verfahren	**5**
Analyse, Beurteilung	Verwendung einer Fehleranalyse zur Vermeidung von Fehlern gemeinsamer Ursache	**5**
Kompetenz/ Ausbildung	Schulung der Designer, um Ursachen und Folgen von CCFs zu verstehen und zu vermeiden	**5**
Umwelteinfluss	Test des Systems auf Beeinflussung durch EMV	**25**
	Test des Systems auf Beeinflussung durch Temperatur, Schock, Vibration etc.	**10**

Wert	CCF-Faktor (β)
< 35	10%
35 bis < 65	5%
65 bis < 85	2%
≥ 85	1%

Prozess

Aufgrund der starken Ausrichtung der EN 62061 auf programmierbare elektrische Systeme finden sich darin – zusätzlich zu den vorangegangen beschriebenen Aspekten (V-Modell, Qualitätsmanagement etc.) – noch zahlreiche detailliertere Hinweise und Anforderungen zum richtigen Umgang bei der Softwareentwicklung sicherheitsbezogener Systeme.

Ergebnis – Bestimmen des SIL für das Teilsystem

Für jedes Teilsystem wird zunächst separat die Sicherheitsintegrität der Hardware bestimmt:

Handelt es sich bei den Teilsystemen um bereits entwickelte Teilsysteme – wie es z. B. bei Sicherheits-Lichtvorhängen der Fall ist – liefert ein Hersteller die entsprechenden Kenndaten im Rahmen seiner technischen Spezifikation mit. Ein solches Teilsystem ist in der Regel durch die Angabe von SILCL, PFHd und Gebrauchsdauer ausreichend beschrieben.

Für Teilsysteme, die aus Teilsystemelementen bestehen, wie z. B. Verriegelungseinrichtungen bei Schutztüren oder Schützen, muss die Sicherheitsintegrität dagegen ermittelt werden.

SIL-Anspruchsgrenze (SILCL: SIL claim limit)

Nachdem man die Hardwarefehlertoleranz (Architektur) festgelegt hat, lässt sich der maximal erreichbare SIL (SIL-Anspruchsgrenze) für das Teilsystem ermitteln.

Anteil sicherer Ausfälle (SFF)	Hardwarefehlertoleranz	
	0	1
< 60%	–	SIL1
60 bis < 90%	SIL1	SIL2
90 bis < 99%	SIL2	SIL3
≥ 99%	SIL3	SIL3

Ein zweikanaliges System mit HFT 1 kann mit einer SFF von 90% den SILCL3 für sich beanspruchen.

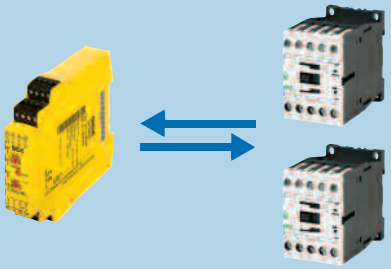
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Beispiel: Ermittlung von SILCL und PFHd des Teilsystems „Aktor“

1) Definition des Teilsystems „Aktor“

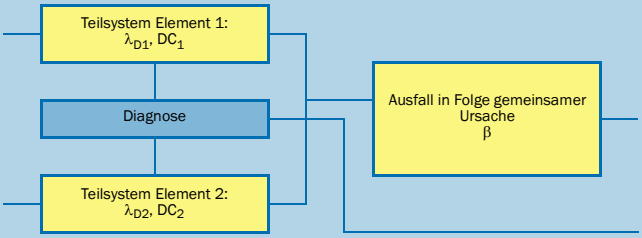
Das Teilsystem „Aktor“ besteht aus zwei Schützen mit „Rückführung“. Durch die gegebene Zwangsführung der Schütze ist es möglich, ein sicherheitsrelevantes Versagen der Schütze zu erkennen.

Die Logikeinheit UE410 selbst gehört nicht zum Teilsystem „Aktor“, wird aber für Diagnosezwecke verwendet.



2) Festlegung der Hardwarefehlertoleranz:

Aufgrund der Ein-Fehler-Sicherheit (mit Fehlererkennung) ergibt sich eine Hardwarefehlertoleranz **HFT = 1**.



3) Bestimmung der PFHd

a) Anhand der Fehlerrate λ_D

Da es sich bei Schützen um verschleißbehaftete Komponenten handelt, muss mittels des B_{10D}-Wertes und der geschätzten Schalthäufigkeit die Schalthäufigkeit je Stunde [C] ermittelt werden.

Randbedingungen laut Hersteller:

- B_{10d} = 1300000
- C = 1/h (Annahme)

Unter diesen Randbedingungen ergibt sich dann ein **λ_D von $7{,}7 \times 10^{-8} \frac{1}{h}$**.

b) Anhand des CCF-Faktors (β)

Bei mehrkanaligen Systemen sind Maßnahmen zur Vermeidung des Common-Cause-Effekts notwendig. Der Einfluss wird anhand von Maßnahmen gemäß den Vorgaben aus EN 62061 ermittelt. Im Beispiel Ist der β-Faktor 5% (siehe unten: „5) Bewertung der Maßnahmen zur Vermeidung des Common-Cause-Fehlers“)

PFHd ≈ $1{,}9 \times 10^{-9}$.

$$\lambda_D = \frac{0{,}1 \times C}{B_{10d}}$$

Wert	CCF-Faktor (β)
< 35	10%
35 bis < 65	5%
65 bis < 85	2%
≥ 85	1%

$$PFHd \approx \beta \times (\lambda_{D1} + \lambda_{D2}) \times ½$$

$$\approx \beta \times 0{,}5 \times \lambda_{Schütz}$$

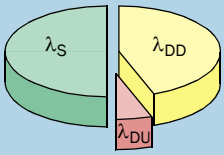
$$\approx 0{,}05 \times 0{,}5 \times 0{,}1 \times \frac{C}{B_{10}}$$

PFHd ≈ $1{,}9 \times 10^{-9}$

4) Bestimmung des SFF über DC

Aufgrund der zwangsgeführten Kontakte wird ein „hoher“ DC (99%) abgeleitet. D. h. von 50% Gefahr bringenden Fehlern λ_D werden 99% erkannt. Demzufolge ist der **SFF = 50% + 49,5% = 99,5%**.

DC = 99%
SFF = 99,5%



5) Bewertung der Maßnahmen zur Vermeidung des Common-Cause-Fehlers

Bei mehrkanaligen Systemen sind Maßnahmen zur Vermeidung des Common-Cause-Effekts notwendig. Die Bewertung der Maßnahmen gemäß EN 62061 ergibt in diesem Beispiel einen **CCF-Faktor (β) von 5%**.

Wert	CCF-Faktor (β)
< 35	10%
35 bis < 65	5%
65 bis < 85	2%
≥ 85	1%

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Beispiel: Ermittlung von SILCL und PFHd des Teilsystems „Aktor“	
6) Bewertung der Prozessmaßnahmen Ebenso müssen systematische Aspekte zur Fehlervermeidung und -beherrschung berücksichtigt werden. Beispielsweise: ■ Organisation und Kompetenz ■ Designregeln (z. B. Spezifikationsvorlagen, Kodierungsrichtlinien) ■ Prüfkonzept und Prüfkriterien ■ Dokumentation und Konfigurationsmanagement	✔
Ergebnis Im letzten Schritt sind die strukturellen Einschränkungen zu berücksichtigen. Aufgrund der vorhandenen Redundanz (Hardwarefehlertoleranz 1) und des SFF > 99% folgt daraus eine **SIL-Anspruchsgrenze (SIL claim limit) SILCL3** für dieses Teilsystem.	

Anteil sicherer Ausfälle (SFF)	Hardwarefehlertoleranz	
	0	1
< 60%	–	SIL1
60 bis < 90%	SIL1	SIL2
90 bis < 99%	SIL2	SIL3
≥ 99%	SIL3	SIL3

$PFHd \approx 1{,}9 \times 10^{-9}$

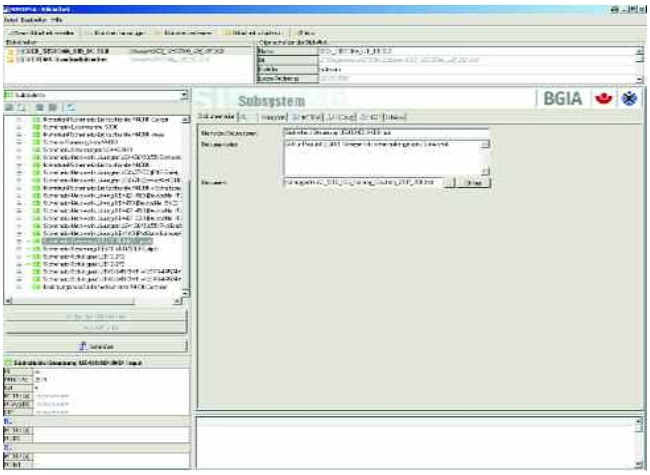
➔ Mit den resultierenden Daten SILCL und dem PFHd-Wert für das Teilsystem kann nun der erreichte SIL für die gesamte Sicherheitsfunktion wie oben beschrieben ermittelt werden (siehe „Sicherheitsintegrität der Hardware“ auf Seite 3-59).

Hilfreiche Unterstützung

Die beschriebenen Verifizierungsmethoden erfordern Know-how und Erfahrung im Umgang mit Performance Level (PL) und Sicherheits-Integritätslevel (SIL). SICK bietet entsprechende Dienstleistungen an (➔ „Wie SICK Sie unterstützt“ auf Seite i-1).(Ein geeignetes Softwarewerkzeug kann Sie bei einer systematischen Vorgehensweise unterstützen.

Eine effektive Methode zur Berechnung des Performance Level bietet der Softwareassistent SISTEMA, der von der BGIA entwickelt wurde und kostenlos verfügbar ist. SICK bietet hierfür eine Bibliothek zertifizierter Sicherheitskomponenten an.

Darüber hinaus bieten Ihnen unsere Seminare praxisgerechtes „Know-how“ für Ihre tägliche Arbeit.



➔ Hinweise zu SISTEMA und Schulungen finden Sie unter http://www.sick.com/.

8008007/2008-04-14

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Zusammenfassung: Verifizieren der Sicherheitsfunktion

Grundsätzliches

- Verifizieren Sie, ob die geplanten Sicherheitsfunktionen das benötigte Sicherheitsniveau erfüllen. Verifizieren Sie dazu die mechanische und die funktionale Sicherheit.

Methoden

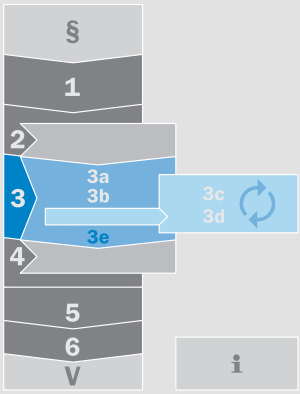
- Bestimmen Sie das resultierende Sicherheitsniveaus gemäß EN ISO 13849-1 (PL).
  - Es stehen das vereinfachte Verfahren (anhand der PL)
  - bzw. das detaillierte Verfahren (anhand der PFHd-Werte) zur Verfügung.
- Sind für ein Teilsystem (z. B. für den Aktor) kein PL oder kein PFHd-Wert bekannt, ermitteln Sie das Sicherheitsniveau des Teilsystems aus den Kenngrößen Struktur, Zuverlässigkeit, Diagnose, Resistenz und Prozess.
- Alternativ bestimmen Sie das resultierende Sicherheitsniveau gemäß EN 62061 (SIL). Auch hier besteht die Möglichkeit, das Sicherheitsniveau eines nicht zertifizierten Teilsystems selbst zu bestimmen.

Hilfen

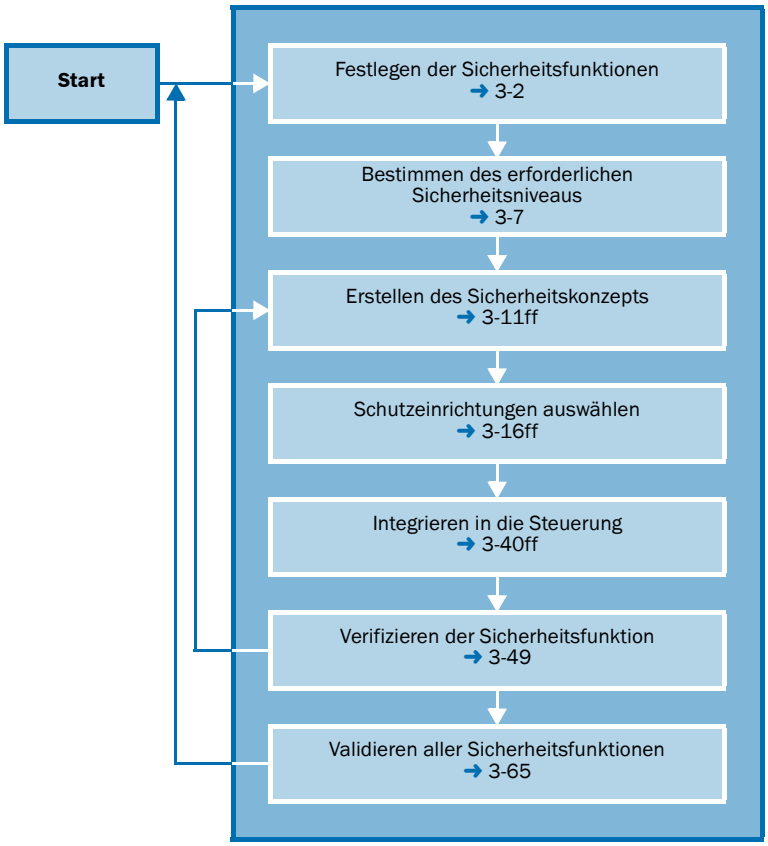
- Nutzen sie die empfohlenen Tools und lassen Sie sich beraten.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Schritt 3e: Validieren aller Sicherheitsfunktionen



Validierung oder **Validation** ist die Prüfung einer These, eines Plans oder Lösungsansatzes in Bezug auf ein zu lösendes Problem. Im Gegensatz zur Verifikation – bei der lediglich die korrekte Umsetzung einer Lösung gemäß der Spezifikation bewertet wird – handelt es sich daher bei der Validierung um die abschließende Bewertung, ob die Lösungen generell für die notwendige Risikominderung geeignet sind.



© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Der Zweck des Validierungsverfahrens ist es, die Spezifikation und die Konformität der Gestaltung der an der Sicherheitsfunktion beteiligten Komponenten an der Maschine zu überprüfen.
Die Validierung muss aufzeigen, dass sicherheitsbezogene Teile der Steuerungsfunktion die Anforderungen der EN ISO 13849-2 erfüllen, insbesondere bei den Anforderungen für das festgelegte Sicherheitsniveau.
Die Validierung sollte, soweit sinnvoll, von Personen ausgeführt werden, die an der Gestaltung der sicherheitsbezogenen Teile der Steuerungen nicht beteiligt waren.
Im Validierungsprozess ist es wichtig, Fehler und insbesondere Auslassungen in der formulierten Spezifikation zu überprüfen.
Die kritische Teil der Gestaltung einer sicherheitsrelevanten Steuerungsfunktion ist in der Regel die Spezifikation.
Hierzu ein Beispiel: Der Zugang einer Rohbauzelle soll durch einen Lichtvorhang abgesichert werden. Die Sicherheitsfunktion ist daher folgendermaßen spezifiziert:
„Bei Unterbrechung des Schutzfeldes eines Lichtvorhangs müssen alle Gefahr bringenden Bewegungen schnellstmöglich stillgesetzt werden."

Darüber hinaus hätte der Konstrukteur jedoch auch den Wiederanlauf bei frei werdendem, insbesondere bei hintertretbarem Schutzfeld berücksichtigen müssen. Der Validierungsprozess muss solche Aspekte aufdecken.
Im Rahmen eines Validierungprozesses werden i. d. R. mehrere Verfahren angewendet, die sich gegenseitig ergänzen.
Hierzu zählen:

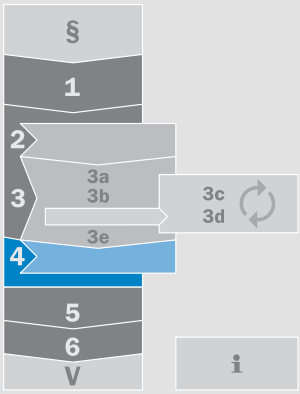
- technische Prüfung der Positionierung und Wirksamkeit der Schutzeinrichtungen
- praktische Überprüfung der Fehlerreaktion hinsichtlich der zu erwartenden Ergebnisse durch Simulationen
- Validierung der Umgebungsanforderungen durch Funktionstests:
  - ausreichender Schutz gegen umweltbedingte Einflüsse wie Temperatur, Feuchtigkeit, Schock, Schwingungsverhalten etc.
  - ausreichende Störfestigkeit gegen elektromagnetische Beeinflussung

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Schritt 4: Benutzerinformation über Restrisiken

Benutzerinformationen dürfen kein Ersatz für andere Maßnahmen sein. Wenn die sichere Konstruktion oder die technischen Schutzmaßnahmen nicht vollständig wirken, dann muss der Benutzer zusätzlich vor bestehenden Restrisiken gewarnt und über notwendige Vorschläge informiert werden. Dazu gehören z. B.:

- Warnhinweise in der Betriebsanleitung
- Arbeitsanweisungen, Ausbildungsanforderungen oder Einarbeitung von Benutzern
- Piktogramme
- Hinweise zur Benutzung von persönlicher Schutzausrüstung



© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Zusammenfassung der Schritte 2, 3 und 4: Risikominderung

Grundsätzliches

Zur Risikominderung der analysierten Gefährdung ist nach der 3-Stufen-Methode vorzugehen:

1. Gestalten Sie die Maschine so, dass die Gefährdung so gut wie möglich beseitigt wird.
2. Definieren, gestalten und überprüfen Sie notwendige Schutzmaßnahmen.
3. Definieren Sie organisatorische Maßnahmen und Informationen über Restrisiken.

Technische Schutzmaßnahmen

- Bezüglich der funktionalen Sicherheit helfen Ihnen alternativ zwei Normen: EN ISO 13849-1 (PL) oder EN 62061 (SIL).
- Definieren Sie die Sicherheitsfunktionen und bestimmen Sie für jede das erforderliche Sicherheitsniveau.
- Entwerfen Sie das Sicherheitskonzept. Entscheiden Sie über die wirksamsten Schutzeinrichtungen sowie deren Montage und Integration in die Steuerung.
- Stellen Sie sicher, dass die Schutzmaßnahmen wirksam umgesetzt sind, und dass das Sicherheitsniveau erreicht wurde.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

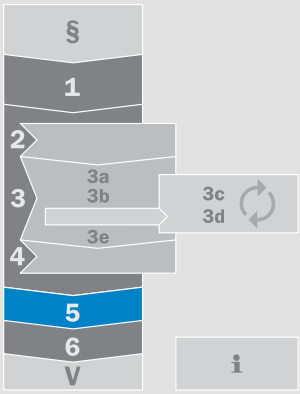
Schritt 5: Gesamtvalidierung

Da die funktionale Sicherheit lediglich einen Teil bei der Risikominderung darstellt, ist es erforderlich, im Rahmen einer Gesamtvalidierung alle Maßnahmen – also konstruktive, technische und organisatorische Maßnahmen – im Zusammenhang zu bewerten.

In der Praxis kann es daher vorkommen, dass mit einer einzelnen technischen Maßnahme die Risikominderung nicht erreicht, jedoch in der Gesamtbetrachtung ein hinreichendes Ergebnis erzielt werden kann.
Eine hinreichende Risikominderung kann als erreicht angesehen werden, wenn alle folgenden Fragen positiv beantwortet werden können:

- Wurden alle Betriebsbedingungen in allen Lebensphasen der Maschine berücksichtigt?
- Wurde die 3-Stufen-Methode angewendet?
- Wurden die Gefährdungen beseitigt oder die Risiken der Gefährdungen soweit vermindert, wie dies praktisch umsetzbar ist?
- Ist sichergestellt, dass die durchgeführten Maßnahmen nicht zu neuen Gefährdungen führen?
- Sind die Benutzer hinsichtlich der Restrisiken ausreichend informiert und gewarnt?
- Ist sichergestellt, dass die Arbeitsbedingungen des Bedienpersonals durch die ergriffenen Schutzmaßnahmen nicht beeinträchtigt werden?
- Sind die durchgeführten Schutzmaßnahmen miteinander vereinbar?
- Wurden die Folgen ausreichend berücksichtigt, die durch den Gebrauch der Maschine im nicht gewerblichen/nicht industriellen Bereich entstehen können?
- Ist sichergestellt, dass die durchgeführten Maßnahmen die bestimmungsgemäße Funktion der Maschine nicht übermäßig beeinträchtigen?
- Wurde das Risiko angemessen reduziert?

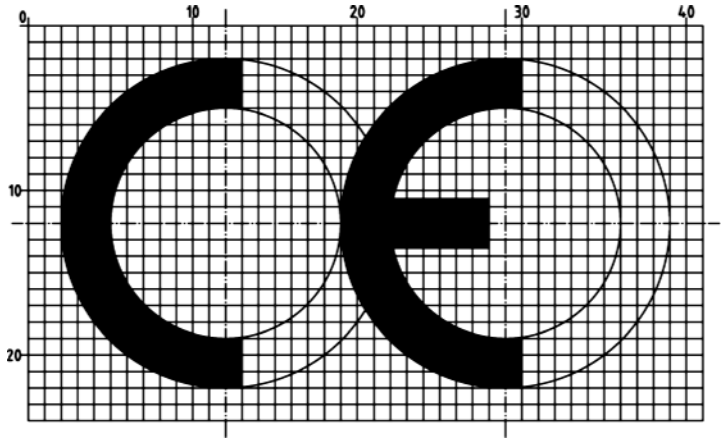
Im Rahmen einer sicherheitstechnischen Inspektion durch SICK-Sicherheitsspezialisten wird die gesamte Maschine einer Überprüfung hinsichtlich der wesentlichen Gefährdungen unterzogen.



© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

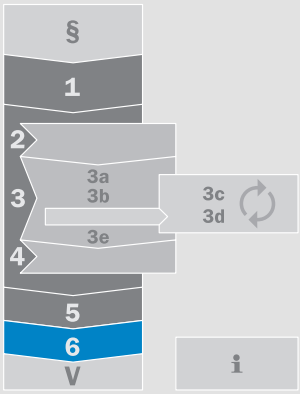
© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Schritt 6: Inverkehrbringen



Nachdem die Konformität, ggf. unter Einbeziehung einer Prüfstelle, im Rahmen der Gesamtvalidierung festgestellt wurde, kann im Zuge der Fertigstellung der technischen Dokumentation die Konformitätserklärung ausgestellt und das CE-Zeichen an der Maschine angebracht werden.
Die Konformitätserklärung muss alle auf die Maschine zutreffenden Europäischen Richtlinien berücksichtigen.
Safexpert (➜ 1-4) unterstützt Sie bei der Durchführung des gesamten Konformitätsbewertungsprozesses.

Mit der Maschine muss eine Betriebsanleitung in der Amtssprache des Verwendungslandes mitgeliefert werden. Diese mitgelieferte Betriebsanleitung muss die „Originalbetriebsanleitung“ sein oder eine Übersetzung der „Originalbetriebsanleitung“; im letzteren Fall ist zusätzlich die Originalbetriebsanleitung zu liefern.



© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Verantwortung des Betreibers

Der Arbeitgeber ist für die Sicherheit seiner Angestellten verantwortlich. Maschinen müssen ergonomisch und der Qualifikation des Bedieners entsprechend betrieben werden können und dabei sicher sein.

Neben sicherheitstechnischen Abnahmen und Inspektionen bei der Lieferung ist die ordentliche Spezifikation der sicherheitstechnischen Anforderungen der Maschine schon beim Einkauf zu berücksichtigen.

Wie sollten Maschinen eingekauft werden?

Ein erfolgreiches Projekt zum Aufbau oder zur Modernisierung einer Produktion beginnt bereits beim Beschaffungsprozess. Hier werden die entscheidenden Weichen gestellt.

- Bestimmen Sie bei komplexen Maschinenanlagen einen „Bauleiter“ gemäß der Maschinenrichtlinie.
- Klären Sie im Vorfeld, wie mit beigestellten (Teil-)Maschinen verfahren wird.
- Legen Sie vertraglich fest, welche zusätzliche Dokumentation zu liefern ist (z. B. Risikobeurteilung, ...), damit spätere Änderungen einfacher umgesetzt werden können.
- Legen Sie – soweit sinnvoll – die Verwendung von wichtigen harmonisierten EN-Normen zugrunde.
- Vereinbaren Sie die Vorgehensweise bei Abweichungen von harmonisierten Normen.

Sicherheitsinspektionen

Die Erfahrung zeigt, dass in der Praxis die Maschinensicherheit nur bedingt gegeben ist. Oft werden Schutzeinrichtungen manipuliert, um ungehindert arbeiten zu können. Weitere Fehlerquellen sind die falsche Positionierung von Schutzeinrichtungen sowie die fehlerhafte Einbindung in die Steuerung.

Der sicherheitstechnische Zustand der Arbeitsmittel und Anlagen im Betrieb ist nach der EU-Richtlinie 89/655/EWG („Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie“) geregelt und ist nach den jeweils geltenden nationalen Gesetzen zu prüfen. Speziell Artikel 4a der Richtlinie definiert die Prüfung von Arbeitsmitteln. Technische Regeln und Normen oder bestimmte Vorschriften können Basis der Ausführung sein. Die Prüfung und formelle Feststellung der Arbeitssicherheit muss demnach vom Betreiber der jeweiligen Anlagen veranlasst werden.

Er hat dabei darauf zu achten, dass die Prüfung von Arbeitsmitteln gemäß der jeweiligen nationalen Umsetzung zur Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie organisiert wird. Dabei müssen die folgenden fünf Parameter den Anforderungen der nationalen Umsetzung der Richtlinie entsprechen:

1. Prüfart
2. Prüfumfang
3. Prüftiefe
4. Prüffristen
5. Befähigungsgrad der mit der Prüfung beauftragten Personen

Mit einer Sicherheitsinspektion von SICK erhalten Sie einen schnellen Überblick über den Sicherheitsstatus Ihrer Maschinen.

Deutscher Akkreditierungs Rat
DAR
DAT-I-003/01
SICK Safety Inspection

SICK wurde von der ➜ DATech als Inspektionsstelle akkreditiert.

Mit der Akkreditierung wird von unabhängiger Stelle bestätigt, dass SICK in der Lage ist, die im Akkreditierungsumfang festgelegten Tätigkeiten mit hoher Zuverlässigkeit und in der geforderten Qualität auszuführen.

Zusammen mit Ihnen erörtern wir Verbesserungspotenziale und setzen sie in die Praxis um.

- Deutschland: Arbeitsschutzgesetz (ArbSchGes), Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Schweiz: Bundesgesetz über die Arbeit in Industrie, Gewerbe und Handel (SR 822.11) ist das Arbeitsgesetz (ArG) der Schweiz
- Österreich: ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG)

➜ Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie 89/655 EWG: http://eur-lex.europa.eu/

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie, Artikel 4a: Überprüfung der Arbeitsmittel

1. Der Arbeitgeber sorgt dafür, dass die Arbeitsmittel, deren Sicherheit von den Montagebedingungen abhängt, durch im Sinne der einzelstaatlichen Rechtsvorschriften und/oder Praktiken hierzu befähigte Personen nach der Montage und vor der ersten Inbetriebnahme einer Erstüberprüfung und nach jeder Montage auf einer neuen Baustelle oder an einem neuen Standort einer Überprüfung unterzogen werden, um sich von der korrekten Montage und vom korrekten Funktionieren dieser Arbeitsmittel zu überzeugen.

2. Der Arbeitgeber sorgt dafür, dass die Arbeitsmittel, die Schäden verursachenden Einflüssen unterliegen, welche zu gefährlichen Situationen führen können,
   - durch im Sinne der einzelstaatlichen Rechtsvorschriften und/oder Praktiken hierzu befähigte Personen regelmäßig überprüft und gegebenenfalls erprobt werden
     und
   - durch im Sinne der einzelstaatlichen Rechtsvorschriften und/oder Praktiken hierzu befähigte Personen jedes Mal einer außerordentlichen Überprüfung unterzogen werden, wenn außergewöhnliche Ereignisse stattgefunden haben, die schädigende Auswirkungen auf die Sicherheit des Arbeitsmittels haben können, beispielsweise Veränderungen, Unfälle, Naturereignisse, längere Zeiträume, in denen das Arbeitsmittel nicht benutzt wurde, damit die Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften eingehalten und diese Schäden rechtzeitig entdeckt und behoben werden können.

3. Die Ergebnisse der Überprüfungen müssen schriftlich festgehalten werden und den zuständigen Behörden zur Verfügung stehen. Sie werden während eines angemessenen Zeitraums aufbewahrt.
   Werden die betreffenden Arbeitsmittel außerhalb des Unternehmens eingesetzt, ist ihnen ein Nachweis über die Durchführung der letzten Überprüfung beizufügen.

4. Die Mitgliedstaaten legen die Modalitäten dieser Überprüfungen fest.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.
8008007/2008-04-14

Wie SICK Sie unterstützt

SICK leistet einen Beitrag zur Weiterentwicklung der Sicherheitskultur in Ihrem Unternehmen mit dem Ziel ...

- der Verbesserung der Sicherheit bei bestehenden Maschinen und Anlagen.
- der integralen Sicherheit bei der Beschaffung von neuen Maschinen und Anlagen.

Sie stellen zu Recht hohe Anforderungen an Ihren Partner. Er muss:

- langjährige Erfahrung haben
- innovative Ideen einbringen
- international aufgestellt sein

Durch die Einbindung von SICK-Experten in einer frühen Phase ...

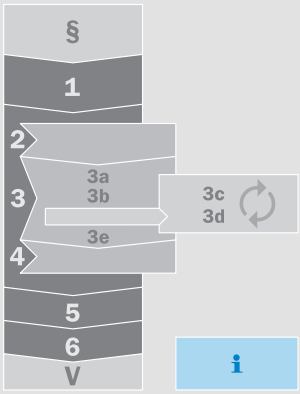
- wird Sicherheit als integraler Teil eines Projekts geplant.
- werden potenzielle Schwachpunkte frühzeitig identifiziert.
- wird Überdimensionierung vermieden.
- wird Effektivität und Wettbewerbsfähigkeit sichergestellt.

Dienstleistungen von SICK schaffen höhere Sicherheit und einen wirtschaftlichen Mehrwert.

Konformität und Konzeption

Unsere versierten Experten begleiten Sie bei der sicherheitstechnischen Planung Ihrer Anlage und helfen Ihnen bei der Realisierung Ihres Vorhabens. So eliminieren wir gemeinsam bereits im Vorfeld Gefahrenquellen – was Ihnen Zeit erspart und Folgekosten vermeidet. SICK führt Sie mit den folgenden Schritten durch den Konformitätsbewertungsprozess:

Phase 1	**Ermittlung der Basisdaten** ■ bestimmungsgemäße Verwendung ■ Schnittstellendefinition ■ Normenrecherche
Phase 2	**Vorplanung** ■ Risikobeurteilung ▪ Analyse und Bewertung der Gefährdungen und Risiken der Anlage ▪ Bewertung und Kategorisierung von allen sicherheitsrelevanten Steuerungsteilen
Phase 3	**Entwurfs- und Ausführungsplanung** ■ Entwicklung des Sicherheitskonzepts ▪ Definition der Sicherheitsfunktionen ▪ Not-Halt-Konzept ▪ Spezifizierung der Sicherheitsanforderungen
Phase 4	**Verifikation** ■ Überprüfen der Entwurfs- und Anlagenplanung zu Konstruktionsbeginn ■ Sicherheitstechnische **Inspektion** vor dem erstmaligen Inverkehrbringen der Maschine
Phase 5	**Abschließende Konformitätsbewertung** ■ Feststellung der Gesamtkonformität



In diesem Kapitel ...	Seite
→ Konformität und Konzeption	i-1
→ Seminare und Anwenderschulungen	i-2
→ Begleitung über den Produktlebenszyklus	i-3
→ Übersicht relevanter Normen	i-5
→ Nützliche Links	i-8
→ Glossar	i-10

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Seminare und Anwenderschulungen

Anwenderwissen aus der Praxis für die Praxis

Je mehr Erfahrung Sie haben, umso sicherer können Sie in der Regel mit einer Anwendung umgehen. Erfahrung zu vermitteln und dadurch Anwendungen zu optimieren, ist ein wichtiger Bestandteil der SICK-Seminare und -Schulungen. Alle sind daher besonders praxisorientiert.

Wissensvorsprung sichern

Im Laufe der Zeit ändern sich gesetzliche Sachverhalte und Normen. Auch der Technologiewandel, ausgehend von der traditionellen Verdrahtungstechnik mit Relais hin zu programmierbaren Sicherheitsbausteinen und sogar ganzen Netzwerken mit Bustechnik, erfordert, sich auf diese Neuerungen einzustellen. In unserer Seminarreihe zu sicherheitstechnischen Grundlagen vermitteln wir aktuelles Know-how zu folgenden Schwerpunktthemen:

- normengerechte Auswahl der passenden Schutzeinrichtung
- Integration der Schutzeinrichtung in die Gesamtsteuerung
- richtige Beurteilung von Schutzmaßnahmen basierend auf den gültigen Richtlinien, Normen und Verordnungen

Anwendungssicherheit stärken

Unsere Anwenderschulungen sind ausgerichtet an den Produkten, um diese effizient und dauerhaft sicher in die geplante Applikation zu integrieren. Sie erhalten dabei das nötige Rüstzeug im Umgang mit dem Gerät, auch hinsichtlich Analyse- und Diagnosemöglichkeiten.

Der generelle Aufbau einer Anwenderschulung umfasst die unterschiedlichen Phasen, die während der Auswahl und Integration eines Produktes entstehen:

- Auswahl
  - Sicherheitsaspekte
  - Produkteigenschaften und Applikationsmöglichkeiten
- Integration
  - Anbau an die Applikation (Montage) und Verdrahtung
  - Programmierung
  - Inbetriebnahme
- Sicherer Betrieb
  - Fehlerdiagnose und -behebung

Auf Wunsch erarbeitet SICK ein auf Ihre Anwendung zugeschnittenes Qualifizierungskonzept. Ein Angebot, das dazu beiträgt, die Arbeitsqualität zu optimieren und den sicherheitstechnischen Wissenstransfer zu beschleunigen.

➜ Aktuelle Detailinformationen erhalten Sie im Internet unter http://www.sick.de/schulungen/ oder in unserem Seminarprogramm.
➜ Für Seminare im Ausland wenden Sie sich bitte an Ihre SICK-Vertretung oder besuchen Sie uns unter http://www.sick.com/.

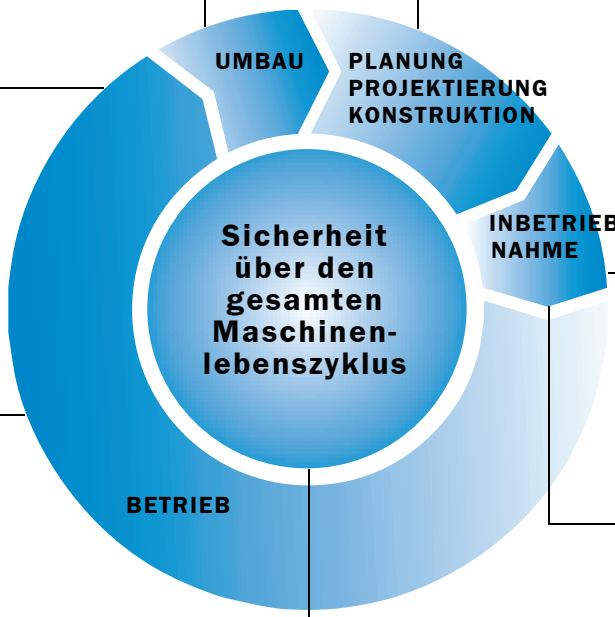
Auf Wunsch führen wir unsere Seminare und Anwenderschulungen auch bei Ihnen vor Ort durch.

i

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.
8008007/2008-04-14

SICK – Wir begleiten Ihre Anlage über den gesamten Produktlebenszyklus

Mit zertifizierten sicherheitstechnischen Produkten und individuell auf Ihre Aufgaben zugeschnittenen Leistungen bietet Ihnen SICK Unterstützung über den gesamten Lebenszyklus Ihrer Maschine. Von der Planung über die Inbetriebnahme bis zur Instandhaltung und Modernisierung.



SICK INTERNATIONAL SERVICE SOLUTIONS
KONFORMITÄT & KONZEPTION

- Risikobeurteilung
- Sicherheitskonzept
- Projektmanagement
- Software-Design
- Hardware-Design
- Installation
- Inbetriebnahme
- Beurteilung der funktionalen Sicherheit
- CE-Konformitätsbewertung
- CE-Zertifizierung
- Anlagenbegehung

SICK INTERNATIONAL SERVICE SOLUTIONS
MODERNISIERUNG

- Ablösekits

SICK INTERNATIONAL SERVICE SOLUTIONS
PRODUKT-SUPPORT

- Vor-Ort-Troubleshooting
- Helpline-Support
- Service-Tools
- Ersatzteile
- Tauschgeräte
- Werkstattreparaturen

SICK INTERNATIONAL SERVICE SOLUTIONS
PRODUKT-SUPPORT

- Inbetriebnahme-Check
- Helpline-Support

SICK INTERNATIONAL SERVICE SOLUTIONS
VERIFIKATION & MESSUNGEN

- Unfalluntersuchung
- Überprüfung der elektrischen Ausrüstung
- Regelmäßige Inspektion
- Maschinensicherheitsinspektion
- Nachlaufmessung
- Lärmmessung

SICK INTERNATIONAL SERVICE SOLUTIONS
VERIFIKATION & MESSUNGEN

- Überprüfung der elektrischen Ausrüstung
- Inspektion vor erstmaliger Inbetriebnahme
- Maschinensicherheitsinspektion
- Nachlaufmessung
- Lärmmessung

SICK INTERNATIONAL SERVICE SOLUTIONS
TRAINING & EDUCATION

- Anwenderschulungen
- Seminare
- WebTraining

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Komponenten (Produkte)

Die Anwendung von zertifizierten Produkten erleichtern dem Maschinenhersteller den Nachweis der Konformität mit den Anforderungen der Maschinenrichtlinie und verschiedener Normen. Als Lösungsanbieter bietet SICK den Maschinenherstellern eine breite Palette von Produkten, von der einfachen einstrahligen Sicherheits-Lichtschranke über Sicherheits-Lichtvorhänge, Sicherheits-Laserscanner, kamerabasierte Sicherheits-Sensoren und Sicherheitsschalter bis hin zu modularen und netzwerkfähigen Sicherheits-Steuerungen und Softwarelösungen für die Konformität von Maschinen.

Beratung: Unser Wissen – Ihr Anwendervorteil

SICK hat in den wichtigsten Industrieländern weltweit Tochtergesellschaften oder Vertretungen. Dort bekommen Sie die benötigte fachliche Beratung durch unsere technisch kompetenten Mitarbeiter. Diese unterstützen Sie nicht nur mit produkttechnischem Fachwissen, sondern auch durch ihre Kenntnis des Marktes und der nationalen Gesetzgebung und Normung.

➜ Produktauswahl auf Seite 3-47
➜ Alle Produkte finden Sie online im Produktfinder unter http://www.sick.com/.
➜ Um mehr über das Dienstleistungsangebot in Ihrem Land zu erfahren, wenden Sie sich bitte an die SICK-Vertretung in Ihrem Land oder besuchen Sie uns unter http://www.sick.com/.

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Eine Übersicht relevanter Normen

Zur Zeit werden viele A- und B-Normen sowie wichtige C Normen überarbeitet. Dieses führt dazu, dass aus EN-Normen so genannte EN-ISO-Normen werden. Es gibt jedoch in der Regel eine 3-jährige Übergangsfrist. Daher kann die tatsächliche Anwendung einer zur Zeit überarbeitete Norm erst in 5 oder gar 6 Jahren erfolgen.

Normen-typ	Europäische Norm EN	Harmo-nisiert?	Internationale Norm ISO/IEC	Titel
A	EN ISO 12100-1 (früher EN 292-1)	✔	ISO 12100-1	Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe und allgemeine Gestaltungsgrundsätze
	EN ISO 12100-2 (früher EN 292-2)		ISO 12100-2	
	EN ISO 14121 (derzeit noch EN 1050)	✔	ISO 14121	Risikobetrachtung
B	EN 294 (wird ersetzt durch EN ISO 13857)	✔	ISO 13852 (wird ersetzt durch ISO 13857)	Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrstellen mit den oberen Gliedmaßen
	EN 349	✔	ISO 13854	Sicherheit von Maschinen – Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen
	EN 574	✔	ISO 13851	Zweihandschaltungen – Funktionelle Aspekte; Gestaltungsleitsätze
	EN 811 (wird ersetzt durch EN ISO 13857)	✔	ISO 13853 (wird ersetzt durch ISO 13857)	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrstellen mit den unteren Gliedmaßen
	EN 953	✔	ISO 14120	Trennende Schutzeinrichtungen – Allgemeine Anforderungen
	EN 1037	✔	ISO 14118	Vermeidung von unerwartetem Anlauf
	EN 1088	✔	ISO 14119	Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl
				Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen
	EN ISO 13849-1 (alternativ noch EN 954-1)	✔	ISO 13849-1	■ Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
	EN ISO 13849-2	✔	ISO 13849-2	■ Teil 2: Validierung
	EN ISO 13850 (früher EN 418)	✔	ISO 13850	Not-Halt – Gestaltungsleitsätze
	prEN ISO 13855 (derzeit noch EN 999)	✔	ISO 13855	Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen
	EN ISO 13857		ISO 13857	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrstellen mit den oberen und unteren Gliedmaßen
				Elektrische Ausrüstung von Maschinen
	EN 60204-1	✔	IEC 60204-1	■ Teil 1: Allgemeine Anforderungen
				Sicherheit von Maschinen – Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS)
	EN 61496-1	✔	IEC 61496-1	■ Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen
	CLC/TS 61496-2		IEC 61496-2	■ Teil 2: Besondere Anforderungen an Einrichtungen, welche nach dem aktiven optoelektronischen Prinzip arbeiten
	CLC/TS 61496-3		IEC 61496-3	■ Teil 3: Besondere Anforderungen an diffuse Reflexion nutzende aktive optoelektronische Schutzeinrichtungen (AOPDDR)
	EN 61508		IEC 61508	Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer, elektronischer, programmierbarer elektronischer Systeme
	CLC/TS 62046		IEC/TS 62046	Sicherheit von Maschinen – Anwendung von Schutzausrüstungen mit Anwesenheitserkennung für Maschinen
	EN 62061	✔	IEC 62061	Funktionale Sicherheit von elektrischen, elektronischen und programmierbaren Steuerungen von Maschinen

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Normen-typ	Europäische Norm EN	Harmo-nisiert?	Internationale Norm ISO/IEC	Titel
C	EN 415-4	✔		Palettierer und Entpalettierer
	EN 692	✔		Mechanische Pressen
	EN 693	✔		Hydraulische Pressen
	EN 13736	✔		Pneumatische Pressen
	EN 12622	✔		Hydraulische Gesenkbiegepressen
				Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen
	EN ISO 10218-1 (früher EN 775)	✔	ISO 10218-1	■ Teil 1: Roboter
	prEN ISO 10218-2		ISO 10218-2	■ Teil 2: Robotersystem und Anwendung (Hinweis: EN 775 wurde zurückgezogen, sollte aber für Robotersysteme noch angewendet werden, bis die EN ISO 10218-2 erscheint.)
	EN ISO 1010	✔	ISO 1010	Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen
	EN ISO 11111	✔	ISO 11111	Textilmaschinen
				Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen
	EN 81-1	✔		■ Teil 1: Elektrisch betriebene Personen- und Lastenaufzüge
	EN 280	✔		Fahrbare Hubarbeitsbühnen; Berechnung, Standsicherheit, Bau; Sicherheitsanforderungen und Prüfung
	EN 1570	✔		Sicherheitsanforderungen an Hubtische
	EN 1493	✔		Fahrzeug-Hebebühnen
	EN 1808	✔		Sicherheitsanforderungen an hängende Personenaufnahmemittel – Berechnung, Standsicherheit, Bauprüfungen
	EN 691			Holzbearbeitungsmaschinen – Sicherheit und Gesundheit – Gemeinsame Anforderungen
				Sicherheit von Holzbearbeitungsmaschinen – Kreissägemaschinen
	EN 1870-1	✔		■ Teil 1: Tischkreissägemaschinen (mit und ohne Schiebetisch) und Formatkreissägemaschinen
	EN 1870-4	✔		■ Teil 4: Ein- und Mehrblattkreissägemaschinen für Längsschnitt mit Handbeschickung und/oder Handentnahme
				Sicherheit von Holzbearbeitungsmaschinen – Fräsmaschinen für einseitige Bearbeitung mit drehendem Werkzeug
	EN 848-1	✔		■ Teil 1: Einspindelige senkrechte Tischfräsmaschinen
	EN 940	✔		Sicherheit von Holzbearbeitungsmaschinen – Kombinierte Holzbearbeitungsmaschinen
				Sicherheit von Holzbearbeitungsmaschinen – Zapfenschneid- und Schlitzmaschinen
	EN 1218-1	✔		■ Teil 1: Einseitige Zapfenschneid- und Schlitzmaschinen mit Schiebetisch
	EN 289	✔		Gummi- und Kunststoffmaschinen; Formpressen und Spritzpressen; sicherheitstechnische Anforderungen für die Gestaltung
	EN 201	✔		Gummi- und Kunststoffmaschinen; Spritzgießmaschinen – Sicherheitsanforderungen
	EN 422	✔		Gummi- und Kunststoffmaschinen; Sicherheit – Blasformmaschinen zur Herstellung von Hohlkörpern – Anforderungen für Konzipierung und Bau
				Gummi- und Kunststoffmaschinen – Extruder und Extrusionsanlagen
	EN 1114-1	✔		■ Teil 1: Sicherheitsanforderungen für Extruder
				Gummi- und Kunststoffmaschinen – Reaktionsgießmaschinen
	EN 1612-1	✔		■ Teil 1: Sicherheitsanforderungen an Misch- und Dosiereinheiten

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Normen-typ	Europäische Norm EN	Harmo-nisiert?	Internationale Norm ISO/IEC	Titel
C	EN 528	✔		Regalbediengeräte – Sicherheit
	EN 281			Kraftbetriebene Flurförderzeuge mit Fahrersitz; Regeln für die Ausführung und Anordnung der Pedale
	EN 1459	✔		Sicherheit von Maschinen – Stapler mit veränderlicher Reichweite
	EN 1525	✔		Sicherheit von Flurförderzeugen – Fahrerlose Flurförderzeuge und ihre Systeme
	EN 1526	✔		Sicherheit von Flurförderzeugen – Zusätzliche Anforderungen für automatische Funktionen von Flurförderzeugen
	EN 1672-1	✔		Nahrungsmittelmaschinen – Sicherheits- und Hygieneanforderungen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze
	EN 972	✔		Gerberei-Maschinen – Walzenmaschinen – Sicherheitsanforderungen
	EN 869	✔		Sicherheitsanforderungen für Metall-Druckgießanlagen
	EN 710	✔		Sicherheitsanforderungen an Gießereimaschinen und -anlagen der Form- und Kernherstellung und dazugehörige Einrichtungen

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Nützliche Links

Wo finde ich ... ?	
Richtlinientexte (EU)	Den vollständigen Text der Richtlinien finden Sie im Internet, unter anderem im Portal zum Recht der Europäischen Union: ➜http://eur-lex.europa.eu/
Normenlisten	EU-Amtsblatt Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA): ➜http://www.baua.de/ Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA): ➜http://www.vdma.org/ Europäische Kommission: ➜ http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/standardization/harmstds/reflist.html Beuth Verlag GmbH: ➜http://www.beuth.de/
Normenherausgeber, international	CEN: ➜http://www.cen.eu/cenorm/homepage.htm CENELEC: ➜http://www.cenelec.org/cenelec/Homepage.htm ISO: ➜http://www.iso.org/iso/home.htm IEC: ➜http://www.iec.ch/
Normenherausgeber, deutschsprachig	Deutschland (DIN): ➜http://www.din.de/ Österreich (ON): ➜http://www.on-norm.at/publish/home.html Schweiz (SVN): ➜http://www.snv.ch/
Normenherausgeber, europäisch	Belgien (NBN): ➜http://www.nbn.be/ Bulgarien (BDS): ➜http://www.bds-bg.org/ Dänemark (DS): ➜http://www.ds.dk/ Estland (EVS): ➜http://www.evs.ee/ Finnland (SFS): ➜http://www.sfs.fi/ Frankreich (AFNOR): ➜http://www.afnor.org/ Griechenland (ELOT): ➜http://www.elot.gr/home.htm Großbritannien (BSI): ➜http://www.bsi-global.com/ Irland (NSAI): ➜http://www.nsai.ie/ Island (IST): ➜http://www.stadlar.is/ Italien (UNI): ➜http://www.uni.com/it/ Lettland (LVS): ➜http://www.lvs.lv/ Litauen (LST): ➜http://www.lsd.lt/ Luxemburg (SEE): ➜http://www.see.lu/ Malta (MSA): ➜http://www.msa.org.mt/ Niederlande (NEN): ➜http://www2.nen.nl/ Norwegen (SN): ➜http://www.standard.no/ Polen (PKN): ➜http://www.pkn.pl/ Portugal (IPQ): ➜http://www.ipq.pt/ Rumänien (ASRO): ➜http://www.asro.ro/ Schweden (SIS): ➜http://www.sis.se/ Slovenien (SIST): ➜http://www.sist.si/ Slowakien (SUTN): ➜http://www.sutn.gov.sk/ Spanien (AENOR): ➜http://www.aenor.es/ Tschechien (CNI): ➜http://www.cni.cz/ Ungarn (MSZT): ➜http://www.mszt.hu/ Zypern (CYS): ➜http://www.cys.org.cy/
Notifizierte Prüfstellen (Deutschland)	Als Angebot der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin finden Sie eine Zusammenstellung der bisher von den EG-Mitgliedsstaaten notifizierten Zertifizierungsstellen: ➜ http://www.baua.de/prax/geraete/notifiz.htm
Deutsche Landesorgane für Arbeitsschutz (unterschiedliche Struktur je nach Bundesland)	Baden-Württemberg: ➜http://www.gewerbeaufsicht.baden-wuerttemberg.de/ Bayern: ➜http://www.lgl.bayern.de/arbeitsschutz/index.htm Berlin: ➜http://www.berlin.de/lagetsi/ Brandenburg: ➜http://bb.osha.de/ Bremen: ➜http://arbeitsschutz.bremen.de/ Hamburg: ➜http://www.arbeitsschutz.hamburg.de/ Hessen: ➜http://projekte.sozialnetz.de/ca/ud/qgz/ Mecklenburg-Vorpommern: ➜http://www.lagus.mv-regierung.de/ Niedersachsen: ➜http://www.gewerbeaufsicht.niedersachsen.de/ Nordrhein-Westfalen: ➜http://www.arbeitsschutz.nrw.de/bp/index.html Rheinland-Pfalz: ➜http://www.masfg.rlp.de/arbeit/arbeitsschutz/ Saarland: ➜http://www.lua.saarland.de/ Sachsen: ➜http://sn.osha.de/ Sachsen-Anhalt: ➜http://www.sachsen-anhalt.de/lpsa/index.php?id=1271 Schleswig-Holstein: ➜http://www.schleswig-holstein.de/msgf/ Thüringen: ➜http://th.de.osha.europa.eu/

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Wo finde ich ... ?		
Österreich	Arbeitsschutzinspektion Österreich: CD-ROM „ArbeitnehmerInnenschutz expert“	➜http://www.arbeitsinspektion.gv.at/ ➜http://www.a-expert.at/
Schweiz	Arbeitsschutzinspektion Schweiz:	➜http://www.seco.admin.ch/
Liste der berufsgenossenschaftlichen Fachausschüsse (Deutschland)	➜ http://www.hvbg.de/d/bgz/praevaus/index.html	
Anschriften der Berufsgenossenschaften (Deutschland)	➜ http://www.dguv.de/inhalt/BGuUK/bgen/index.html	
Unfallversicherungsträger	Deutschland: Deutsche gesetzliche Unfallversicherung: Österreich: Allgemeine Unfallversicherung: Schweiz: Schweizerische Unfallverhütungsanstalt:	➜http://www.dguv.de/ ➜http://www.auva.at/ ➜http://www.suva.ch/

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Glossar

Abkürzung/Begriff		Erklärung
λ	**Failure rate per hour**	λ: Ausfallrate pro Stunde, Summe von λ_S und λ_D ■ λ_S: Rate sicherer Ausfälle ■ λ_D: Rate Gefahr bringender Ausfälle, kann differenziert werden in: ▪ λ_{DD}: Rate Gefahr bringender Ausfälle, die durch die Diagnosefunktionen erkannt werden ▪ λ_{DU}: Rate nicht entdeckter Gefahr bringender Ausfälle
β-**Faktor**		Text aus EN IEC 62061: Anfälligkeit gegenüber Ausfällen in Folge gemeinsamer Ursache ➜ CCF
A		
Ansprechzeit einer BWS		Die maximale Zeit zwischen dem Auftreten des Ereignisses, das zum Ansprechen des Sensorteiles führt, und dem Erreichen des Aus-Zustandes der Ausgangsschaltelemente (OSSDs).
AOPD	**Active opto-electronic protective device**	Text aus CLC/TS 61496-2: Gerät, dessen Sensorfunktion durch optoelektronische Sende- und Empfangselemente erzeugt wird, welche die Unterbrechung von im Gerät erzeugten optischen Strahlungen durch ein im festgelegten Schutzfeld (oder für eine Lichtschranke: auf der Achse des Lichtstrahls) befindliches undurchsichtiges Objekt detektieren. In der DIN EN 692 „Mechanische Pressen“, EN 693 „Hydraulische Pressen“ und EN 12622 „Hydraulische Abkantpressen“ wird die Abkürzung **AOS** als Synonym für **AOPD** verwendet.
AOPDDR	**Active opto-electronic protective device responsive to diffuse reflection**	Text aus CLC/TS 61496-3: Gerät, dessen Sensorfunktion durch optoelektronische Sende- und Empfangselemente erzeugt wird, welche die diffuse Reflexion von im Gerät erzeugter optischer Strahlung durch ein in einem durch zwei Dimensionen festgelegten Schutzfeld befindlichen Objekt detektiert.
Auflösung/Sensordetektionsvermögen		Die Grenze des Sensorparameters, die ein Ansprechen der berührungslos wirkenden Schutzeinrichtung (BWS) verursacht. Sie wird durch den Hersteller festgelegt.
B		
B_{10d}		Anzahl von Zyklen, nach der es bei 10% der Komponenten zu einem Gefahr bringenden Ausfall gekommen ist (für pneumatische und elektromechanische Komponenten)
BWS	**Berührungslos wirkende Schutzeinrichtung**	Text aus EN 61946-1: Anordnung von Geräten und/oder Komponenten, die zusammenarbeiten, um für einen Zugangsschutz oder eine Anwesenheitserkennung zu sorgen und die mindestens Folgendes beinhaltet: ■ Sensorelement ■ Steuerungs-/Überwachungselemente ■ Ausgangsschaltelemente (OSSD)
C		
CCF	**Common cause failure**	Ausfall infolge gemeinsamer Ursache: Ausfälle verschiedener Einheiten aufgrund eines einzelnen Ereignisses, wobei diese Ausfälle nicht auf gegenseitiger Ursache beruhen
CENELEC	**Comité Européen de Normalisation Electrotechnique**	Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung
CLC		Präfix für Normen, die vom CENELEC angenommen wurden.
D		
DC	**Diagnostic coverage**	Diagnosedeckungsgrad: Maß für die Wirksamkeit der Diagnose, die bestimmt werden kann als Verhältnis der Ausfallrate der bemerkten Gefahr bringenden Ausfälle zur Ausfallrate der gesamten Gefahr bringenden Ausfälle
d_{op}		Mittlere Betriebszeit in Tagen pro Jahr
E		
EDM	**External device monitoring**	Text aus EN 61496-1: Mittel, mit dem die berührungslos wirkende Schutzeinrichtung (BWS) den Status von Steuerungselementen überwacht, die außerhalb der BWS angeordnet sind
EFTA	**European free trade association**	Europäische Freihandelsassoziation, eine von europäischen Staaten gegründete internationale Organisation
EMC	**Electromagnetic compatibility**	➜ EMV
EMV	**Elektromagnetische Verträglichkeit**	Fähigkeit einer elektrischen Einrichtung, in ihrer elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu funktionieren und dabei diese Umgebung, zu der auch andere Einrichtungen gehören, nicht unzulässig zu beeinflussen
ESPE	**Electro-sensitive protective equipment**	➜ BWS
E/E/PES	**Electrical, electronic & programmable electronic safety-related systems**	Text aus EN 62061: Elektrische, elektronische & programmierbare sicherheitsgerichtete Systeme

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Abkürzung/Begriff		Erklärung
F		
FIT	**Failure in time**	Ausfallrate in 10^{-9} Stunden. ➜ $\lambda = 1 \times 10^{-9}$ 1/h
FMEA	**Failure mode effects analysis**	Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse. Verfahren für die Auswirkungsanalyse (EN 60812)
Funktionale Sicherheit		Teil der Gesamtsicherheit, bezogen auf die Maschine und das Maschinensteuerungssystem, die von der korrekten Funktion des SRECS, von den sicherheitsbezogenen Systemen anderer Technologie und von externen Einrichtungen zur Risikominderung abhängt
H		
HFT[n]	**Hardware fault tolerance**	Text aus EN 62061: Fähigkeit, eine geforderte Funktion beim Vorhandensein von [n] Fehlern oder Ausfällen weiter auszuführen
h_{op}	**Operating hours**	Mittlere Betriebszeit in Stunden je Tag
K		
Kategorie		Einstufung der sicherheitsbezogenen Teile einer Steuerung bezüglich ihres Widerstandes gegen Fehler und ihres nachfolgenden Verhaltens bei einem Fehler
L		
Lambda-Wert λ		➜ λ
Lichtvorhang		Eine AOPD mit einer Auflösung ≤ 116 mm. (Eine Auflösung ≤ 40 mm ist geeignet für Finger- und Handschutz).
LVL	**Limited varability language**	Programmiersprache mit eingeschränktem Sprachumfang. Sprachentypus, die es ermöglicht, vordefinierte, anwendungsspezifische und Bibliotheksfunktionen zu kombinieren, um die Spezifikationen der Sicherheitsanforderungen auszuführen
M		
MTTFd	**Mean time to failure**	Text aus EN ISO 13849-1: Erwartungswert der mittleren Zeit bis zum Gefahr bringenden Ausfall
Muting		Text aus EN 61496-1: Überbrückungsfunktion. Vorübergehende automatische Überbrückung einer Sicherheitsfunktion bzw. von Sicherheitsfunktionen durch sicherheitsbezogene Teile des Steuerungssystems
N		
NC	**Normally closed**	Öffner
NO	**Normally open**	Schließer
n_{op}	**Numbers of operation per year**	Text aus EN ISO 13849-1: Mittlere Anzahl jährlicher Betätigungen $n_{op} = \frac{d_{op} \times h_{op} \times 3600 \frac{s}{h}}{t_{cycle}}$
O		
OSSD	**Output signal switching device**	Der Teil der berührungslos wirkenden Schutzeinrichtung (BWS), der mit der Maschinensteuerung verbunden ist und der in den Aus-Zustand übergeht, wenn der Sensorteil während des bestimmungsgemäßen Betriebes anspricht.
P		
PFHd	**Probability of dangerous failure per hour**	Mittlere Wahrscheinlichkeit eines Gefahr bringenden Ausfalls pro Stunde (1/h)
PL	**Performance Level**	Text aus EN ISO 13849-1: Diskreter Level, der die Fähigkeit von sicherheitsbezogenen Teilen einer Steuerung spezifiziert, eine Sicherheitsfunktion unter vorhersehbaren Bedingungen auszuführen
Prüfstab		Text aus CLC/TS 61496-2: Undurchsichtiges, zylinderförmiges Element, das zur Überprüfung des Detektionsvermögens der AOPD verwendet wird

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Abkürzung/Begriff		Erklärung
S		
Schutzfeld		Bereich, in dem der vom Hersteller definierte Prüfkörper durch die berührungslos wirkende Schutzeinrichtung (BWS) erkannt wird
SFF	**Safe failure fraction**	Text aus EN 62061: Anteil sicherer Ausfälle an der Gesamtausfallrate eines Teilsystems, der nicht zu einem Gefahr bringenden Ausfall führt
SIL	**Safety integrity level**	Sicherheits-Integritätslevel. Text aus EN 62061: Diskrete Stufe (eine von vier möglichen) zur Spezifizierung der Sicherheitsintegrität der Sicherheitsfunktionen, die dem E/E/PE-sicherheitsbezogenen System zugeordnet werden, wobei der Sicherheits-Integritätslevel 4 die höchste Stufe und der Sicherheits-Integritätslevel 1 die niedrigste ist.
SILCL	**Safety integrity claim limit**	Text aus EN 62061: SIL-Anspruchsgrenze (für ein Teilsystem): Maximaler SIL, der für ein SRECS-Teilsystem in Bezug auf strukturelle Einschränkungen und systematische Sicherheitsintegrität beansprucht werden kann
SRECS	**Safety-related electrical control system**	Elektrisches Steuerungssystem einer Maschine, dessen Ausfall zu einer unmittelbaren Erhöhung des Risikos bzw. der Risiken führt
SRP/CS	**Safety-related Parts of control system**	Sicherheitsbezogenes Teil einer Steuerung. Text aus EN ISO 13849-1: Teil einer Steuerung, das auf sicherheitsbezogene Eingangssignale reagiert und sicherheitsbezogene Ausgangssignale erzeugt
T		
T_{10d}		Begrenzung der Betriebszeit des Bauteils. Mittlere Zeit bis es bei 10 % der Komponenten zu einem Gefahr bringenden Ausfall gekommen ist. $T_{10d} = \frac{B_{10d}}{n_{op}}$ Die ermittelte MTTFd von verschleißbehafteten Bauteilen gilt nur für diese Zeit.
V		
Verriegelung		Eine Verriegelungseinrichtung ist eine mechanische, elektrische oder andere Einrichtung, deren Zweck es ist, den Betrieb eines Maschinenelementes unter bestimmten Bedingungen zu verhindern.
W		
Wiederanlaufsperre		Text aus EN 61496-1: Einrichtung zur Verhinderung eines automatischen Wiederanlaufs einer Maschine nach einem Ansprechen des Sensorelements während eines gefährdenden Teils des Maschinenbetriebszyklus, nach einer Änderung der Betriebsart der Maschine und nach einem Wechsel der Einrichtung zur Steuerung des Anlaufs der Maschine

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Raum für eigene Notizen

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Raum für eigene Notizen

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

Raum für eigene Notizen

© SICK AG • Industrial Safety Systems • Deutschland. Alle Rechte sowie Änderungen der technischen Daten und Angaben bleiben vorbehalten.

FABRIKAUTOMATION

Mit intelligenten Sensoren, Sicherheitssystemen und Auto-Ident-Anwendungen realisiert SICK ganzheitliche Lösungen für die Fabrikautomation.

- Berührungsloses Erfassen, Zählen, Klassifizieren und Positionieren von Objekten aller Art
- Wirksamer Schutz von Mensch und Maschine mit wegweisenden Sensoren, Sicherheits-Software und Sicherheits-Dienstleistungen

LOGISTIKAUTOMATION

Sensoren von SICK schaffen die Basis für die Automation von Materialflüssen und die Optimierung von Sortier- und Lagerprozessen.

- Automatische Identifikation durch Barcode- und RFID-Lesegeräte für die Sortierung und Zielsteuerung im industriellen Materialfluss
- Lasermesssysteme erfassen Volumen, Lage und Umriss von Objekten und Umgebungen

PROZESSAUTOMATION

Die Analysen- und Prozessmesstechnik von SICK MAIHAK sorgt in vielen industriellen Verfahren für die optimale Erfassung von Umwelt- und Prozessdaten.

- Komplette Systemlösungen für die Gasanalyse, Staubmesstechnik, Durchflussmessung, Wasseranalyse bzw. Flüssigkeitsanalyse, Füllstandmesstechnik und weitere Aufgaben

Deutschland
SICK Vertriebs-GmbH
Schiessstraße 56
40549 Düsseldorf
Tel. +49 211 5301-0
Fax +49 211 5301-100
E-Mail info@sick.de
www.sick.de

Technische Infoline
Produkt- und Applikationsberatung
Tel. +49 211 5301-260

Österreich
SICK GmbH
Straße 2A,
Objekt M11, IZ NÖ-Süd
2355 Wiener Neudorf
Tel. +43 22 36 62 28 8-0
Fax +43 22 36 62 28 85
E-Mail office@sick.at
www.sick.at

Schweiz
SICK AG
Breitenweg 6
6370 Stans
Tel. +41 41 619 29 39
Fax +41 41 619 29 21
E-Mail contact@sick.ch
www.sick.ch

Weltweit in Ihrer Nähe:
Australien • Belgien/Luxemburg • Brasilien • China • Dänemark • Finnland • Frankreich • Großbritannien • Indien • Israel • Italien • Japan • Niederlande • Norwegen • Polen • Republik Korea • Rumänien • Russland • Schweden • Singapur • Slowenien • Spanien • Taiwan • Tschechische Republik • Türkei • USA

Standorte und Ansprechpartner unter:
www.sick.com

Überreicht durch:

8008007/2008-04-14 · RV/FD · Printed in Germany (2008-04) · Änderungen vorbehalten
Angegebene Produkteigenschaften und technische Daten stellen keine Garantieerklärung dar
02 WB USmod de31

Schutzgebühr 20,- €

SICK
Sensor Intelligence.